

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматическая система контроля антропогенных выбросов котельной установки на композиционном топливе

УДК 621.182.2:504.086

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Райфегерст Екатерина Ильинична		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШФВП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШФВП	Няшина Галина Сергеевна	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	Доцент, к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель профиля ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова	Антонова Александра Михайловна	к.т.н., доцент		

Томск – 2020 г.

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы
бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные</i>	
P1	Применять математические, естественнонаучные, инженерные, гуманитарные, социально-экономические знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>теплоэнергетических и теплотехнических установок</i> , автоматизированных систем управления, средств автоматизации и контроля.
P2	Формулировать задачи в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P3	Проектировать <i>теплоэнергетические и теплотехнические системы</i> , автоматизированных систем управления <i>и их компоненты</i> .
P4	Планировать и проводить испытания и экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>систем теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления, их <i>оборудования</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления
P6	Применять практические знания принципов и технологий <i>теплоэнергетической и теплотехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
<i>Универсальные</i>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Учитывать социальные, правовые и культурные аспекты, вопросы охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности при осуществлении комплексной инженерной деятельности в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i>
P12	Непрерывно самообучаться и совершенствовать свои компетенции в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель профиля
Озерова И.П.

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной
работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Райфегерст Екатерине Ильиничне

Тема работы:

Автоматическая система контроля антропогенных выбросов котельной установки на
композиционном топливе

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№135-41/с от 14.05.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

30.05.2020 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом проектирования является система контроля антропогенных выбросов котельной установки. Основное топливо – композиционное, приготовленное на основе влажного отхода углеобогащения, жидкого горючего компонента нефтяного происхождения и растительных добавок (солома, опилки, и др.). При разработке системы контроля антропогенных выбросов предусмотреть использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Исследовательские изыскания. 2 Проектирование автоматической системы расхода композиционного топлива в котельные установки. 3 Разработка щита управления автоматической системы расхода композиционного топлива в котельные установки. 4 Расчет параметров настройки регулятора. 5 Мнемосхема проекта. 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7 Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1 Схема функциональная. 2 Схема принципиальная электрическая. 3 Схема монтажная. 4 Общий вид щита управления.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.02.2020 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШФВП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		
Ассистент ИШФВП	Няшина Галина Сергеевна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Райфегерст Екатерина Ильинична		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 92 стр., 10 рис., 28 таблиц, 38 источников.

Ключевые слова: котлоагрегат, сжигание, уголь, композиционное топливо, водоугольное топливо, отходы углерепереработки, дымовые газы, оксиды серы и азота, система контроля антропогенных выбросов, микропроцессорные технические средства автоматизации.

Объектом автоматизации является топка котла, в которой после впрыскивания композиционного топлива, измеряется температура и концентрация антропогенных выбросов.

Цель работы – проектирование автоматической системы контроля антропогенных выбросов котельной установки при сжигании композиционных топлив, используя микропроцессорные средства автоматизации.

В процессе выполнения работы проводились экспериментальные исследования, выполнялся анализ объекта автоматизации, разрабатывались функциональная, принципиальная электрическая и монтажные схемы, также схема общего вида щита управления, производился выбор приборов и средств автоматизации, составлялась спецификация.

В результате исследования разработана автоматическая система контроля антропогенных выбросов на основе современных микропроцессорных средств автоматизации.

Основным преимуществом разработанной системы является наличие программно-оперативного комплекса на базе SCADA-системы, который осуществляет разделение функций между автоматической системой и оперативным персоналом для повышения качества работы и быстродействия системы, а также позволяет вовремя отреагировать на любую сложную ситуацию в процессе эксплуатации системы.

Обозначения и сокращения

КЖТ – композиционное жидкое топливо;

ОВУТ – органоводогольное топливо;

ВУТ – водоугольное топливо;

Фильтр-КЕК – типичные отходы углепереработки;

КЕК «К» – отходы углеобогащения каменного угля марки К.

Оглавление

Введение.....	10
1 Исследовательские изыскания.....	12
1.1 Методика приготовления топлив	12
1.2 Методика проведения эксперимента	13
2 Проектирование системы контроля антропогенных выбросов.....	19
2.1 Разработка структурной схемы.....	20
2.2 Разработка функциональной схемы	21
2.3 Выбор технических средств и составление спецификации.....	22
2.3.1 Выбор датчика температуры.....	23
2.3.2 Выбор технических средств измерения расхода суспензий.....	24
2.3.3 Выбор технических средств измерения состава дымовых газов	26
2.3.4 Выбор исполнительного механизма	27
2.3.5 Выбор регулирующего устройства	28
3 Разработка щита управления системы контроля антропогенных выбросов	30
3.1 Разработка монтажной схемы.....	30
3.2 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления .	31
3.3 Разработка перечня элементов щита управления.....	32
3.4 Разработка общего вида щита управления	32
4 Характеристики объекта автоматизации	34
5 Расчет параметров настройки регулятора	37
5.1 Идентификация объекта управления	37
5.2 Определение оптимальных параметров настройки регулятора.....	39
6 Мнемосхема проекта.....	46
7 Социальная ответственность	53
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	53
7.2 Производственная безопасность	55
7.2.1 Повышенный уровень шума	55
7.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	56
7.2.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений	57
7.2.4 Электробезопасность.....	58

7.2.5 Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.....	58
7.2.6 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя	59
7.3 Экологическая безопасность.....	60
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	62
7.5 Вывод по разделу «Социальная ответственность».....	64
8 Финансовый менеджмент, ресурсосбережения и ресурсоэффективность...	66
8.1 Анализ конкурентных технических решений	66
8.2 SWOT-анализ.....	67
8.3 Планирование научно-технического исследования	68
8.3.1 Структура научно-технического исследования.....	68
8.3.3 Разработка графика проведения научно-технического исследования.....	70
8.4 Бюджет научно-технического исследования	75
8.4.1 Материальные затраты	75
8.4.2 Смета затрат на оборудование.....	75
8.4.3 Расчет амортизационных отчислений.....	76
8.4.4 Заработная плата исполнителей	76
8.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды	78
8.4.6 Накладные расходы	78
8.4.7 Формирование бюджета затрат	79
8.4.8 Смета затрат на оборудование.....	79
8.5 Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	81
Заключение	83
Список использованных источников	84

Графический материал на отдельных листах:

ФЮРА.421000.012 С1 Структурная схема;

ФЮРА.421000.012 С2 Схема функциональная;

ФЮРА.421000.012 Э3 Схема принципиальная электрическая;

ФЮРА.421000.012 С4 Схема монтажная;

ФЮРА.421000.012 ВО Общий вид щита автоматизации.

Введение

За последние несколько десятилетий мировое потребление угля быстро растёт. В большинстве стран глобальные тенденции электрификации приводят к выработке электроэнергии. В то же время, тепловые электростанции (ТЭС) являются ведущими. На сегодняшний день в структуре мирового потребления электроэнергии тепловые электростанции вырабатывают почти 39% мировой электроэнергии, сжигая различные сорта угля. Широкое использование угля для производства тепла и электроэнергии привело к глобальному загрязнению окружающей среды, изменению климата, ухудшению здоровья населения и увеличению смертности [1, 2]. При сжигании угля на крупных теплоэлектростанциях выделяется большое количество азота, оксидов серы (NO_x и SO_x), летучих органических соединений (золы, сажи, пыли), углекислого газа (CO_2) и следов различных металлов, которые могут выделяться в больших количествах, влияя на регион и оказывая негативное воздействие на здоровье человека [5-8].

Результаты исследований позволили установить, что использование композиционных топлив вместо традиционных топлив (главным образом, угля и мазута) котельных установок, позволяет устранить следующие проблемы: за счет применения суспензий композиционных топлив на основе воды, повысить пожаробезопасность и взрывобезопасность приготовления топлива; переработать промышленные отходы и освободить большие площади, которые они занимают; сжиганием суспензий в топочных камерах, понизить температурный режим и концентрации антропогенных выбросов.

Решение установленной проблемы представляется использованием композиционных топлив на основе: растительных добавок (солома, опилки, биомасса, водоросли и др.), отработанных горючих жидкостей нефтяного происхождения в сочетании ВУТ.

Создание композиционных топлив является одним из возможных вариантов совместного использования растительного топлива и угля. За счет

сжигания КЖТ происходит сбережение энергетических, материальных ресурсов, снижается влияние теплоэнергетического сектора на окружающую среду.

Практическая значимость работы

Для группы составов композиционных топлив, с компонентами ВУТ, различными горючими промышленными отходами, например, отработанные масла и растительными добавками (солома, опилки, биомасса, водоросли и др.), вычислены диапазоны концентраций основных антропогенных выбросов: оксидов серы и азота. Установлены эффекты от сжигания (экологические, экономические, энергетические и социальные) в котельных установках перспективных КЖТ в основу которых входят промышленные отходы и растительные добавки. С точки зрения экологии применение композиционных топлив, позволяет не только снизить антропогенные выбросы котельной установки, но и при использовании отходов углепереработки в составе компонентов КЖТ, способствовать их эффективной утилизации. Экономический эффект имеет главное преимущество использования КЖТ, снижение топливных затрат при сжигании более дешевого топлива. Энергетический эффект при правильном сшивании компонентов КЖТ имеет большую теплоту сгорания по сравнению с ВУТ. Социальный эффект заключается в том, что использование КЖТ может снизить воздействие угольных электростанций на здоровье людей, смертность и состояние окружающей среды.

Изучаются способы сокращения антропогенных выбросов диоксида серы (оксидов серы и азота) от котельных, когда традиционные угольные топлива заменяются добавками биомассы от переработки угля и нефтяными отходами из почвы и отходов деревообработки.

Целью работы является изучение способов сокращения антропогенных выбросов оксидов серы и азота от котельных установок, при использовании композиционных жидких топлив на основе ВУТ, отходов деревообработки, лесопиления, и отработанных горючих жидкостей.

1 Исследовательские изыскания

Результаты исследований характеристик горения композиционных топлив демонстрируют преимущества данных топливных композиций перед традиционными котельными топливами с экологической точки зрения. Они не только позволяют уменьшить количество антропогенных выбросов от предприятий энергетического комплекса, но и утилизировать накопившиеся отходы угольной промышленности, такие как фильтр-кек и угольный шлам. Кроме того, использование КЖТ, содержащих в своем составе различные горючие промышленные отходы, способствует масштабной утилизации этой группы отходов.

1.1 Методика приготовления топлив

Приготовление топливных суспензий производилось в несколько этапов. Образцы первого компонента биомассы сушились при комнатных условиях, затем измельчались с помощью роторной мельницы Pulverisette 14 (rotor speed 6,000–20,000 rpm). После измельчения биомасса просеивалась через сито с размером ячеек 100 μm с помощью лабораторного отсева. Далее измельченная биомасса распределялась тонким слоем по поверхности листа бумаги и выдерживалась при комнатных условиях в течение нескольких дней для *equilibrate* атмосферной влагой. Дополнительная сушка биомассы не проводилась.

В качестве основы композиционных топлив в настоящем исследовании применялись флотационные отходы обогащения угля – фильтр-кек в исходном влажном состоянии. Фильтр-кек представляет собой суспензию в виде смеси угольной пыли, воды и поверхностно активных веществ. Частицы угля имеют размер 80–140 мкм, поэтому фильтр-кек дополнительно не измельчался. Приготовление топливных смесей состояло в перемешивании

Массовая доля примесей и основного компонента для приготовления композиционных жидких топлив выбраны из учета объёмов распределения имеющихся ресурсов в разных странах и регионах. Как правило, концентрации

примесей и добавок к топливам может варьироваться в диапазоне 5–20%. Такое соотношение достаточно типично при утилизации отходов маслопроизводства, древесных остатков, шелухи подсолнечника, рапсового масла при совместном сжигании с угольными топливами. Для сжигания композиционных топлив, выбраны следующие массовые концентрации: ВУТ (80%), растительный компонент (10%) и отработанное турбинное масло (10%). Если добавить больше растительного компонента, это приведет к увеличению вязкости всей смеси, что непригодно для подачи по трубопроводам и вихревом сжигании. Необходимо, чтобы дополнительные компоненты выбирались с учетом условия доступности, масштабов их генерации и наличия альтернативного варианта. Так, например, взаимозаменяемыми компонентами могут являться разные виды древесины (сосна, береза, дуб), лесного горючего материала (листья разных видов деревьев, хвоя, травяной настил), шелуха разных сельскохозяйственных культур (рис, пшеница, хлопок), отходы переработки растительного сырья для производства продуктов питания (жмых подсолнечника, рапса, пальмоядровые отходы, остатки какао бобов, жом сахарного тростника). Для данного исследования выбраны типичные и имеющие альтернативу для других регионов компоненты биомассы, массовое содержание которых (10%) можно принять в качестве обоснованного значения для композиционных топлив.

1.2 Методика проведения эксперимента

Поскольку одним из преимуществ КЖТ является потенциальное снижение антропогенных выбросов в атмосферу, на сегодняшний день представляет интерес экспериментальное изучение различных составов данных топлив на предмет содержания в дымовых газах загрязняющих веществ, в первую очередь, оксидов серы и азота. Так как проведение таких исследований на промышленных энергетических установках несет значительные материальные затраты, а также сопровождается определенными сложностями, связанными с наличием сразу множества

влияющих на конечный результат факторов, целесообразно проводить данные исследования на экспериментальном стенде, схема которого приведена на рисунке 1.

Главными элементами стенда являются горизонтальная трубчатая муфельная печь с электрическим нагревом (максимальная возможная температура 1300 °С), газоанализирующий комплекс (на базе газоанализатора Testo 340), состоящий из вычислительного блока, газоотборного шланга, блока пробоподготовки, фильтров, модульного зонда, автоматизированный координатный механизм, персональный компьютер и вспомогательное оборудование (весы, дозаторы, держатели и сетки).

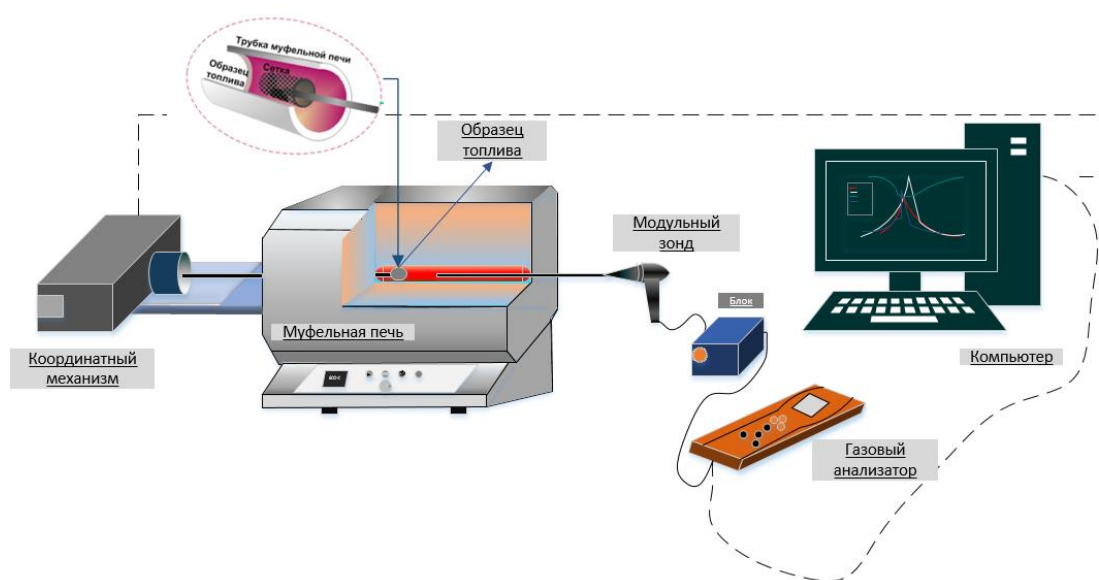


Рисунок 1 - Схема экспериментального стенда

Для проведения экспериментальных исследований на муфельной печи устанавливалась требуемая температура нагрева. Диапазон варьируемых температур составил 700–1000 °С с шагом в 100 °С. Данный диапазон является наиболее типичным при исследовании характеристик сжигания суспензионных топлив. Готовое топливо взвешивалось на весах и размещалось на специализированном держателе (сетке), который крепился на координатный механизм. Масса навески в каждом эксперименте составляла 1 грамм. Масса топлива выбиралась из условий ее полного выгорания и образования достаточного количества дымовых газов для их детектирования

сенсорами газоанализатора. Ввод образца топлива осуществлялся через отверстие в муфельной печи в центральную часть трубки, где обеспечивался требуемый температурный режим с минимальной погрешностью (± 1 °C). С противоположной стороны от навески топлива устанавливался модульный зонд газоанализатора. Отверстия, через которые осуществлялись ввод топлива и зонда, плотно закрывались специализированными заслонками для избежания подвода избыточного кислорода в печь.

С помощью модульного зонда производился отбор пробы дымовых газов, которые по газоотборному шлангу, через блок пробоподготовки поступали в вычислительный блок газоанализатора к сенсорам. Поддержание на постоянном уровне потока дымового газа к сенсорам, для защиты которого предусмотрена функция автоматической продувки сенсоров свежим воздухом, осуществлял встроенный мембранный насос. В данной модели газоанализатора установлено 4 электрохимических сенсора: O_2 (диапазон 0–21%, погрешность 0.2%), CO (диапазон 0–10,000 ppm, погрешность $\pm 5\%$ от измеренного значения), SO_2 (диапазон 0–5,000 ppm, погрешность $\pm 10\%$ от измеренного значения) и NO_x (диапазон 0–4,000 ppm, погрешность $\pm 5\%$ от измеренного значения). Сенсор NO_x измеряет концентрации NO и NO_2 , но на выходе отображается их суммарное значение концентраций в виде NO_x . Также за счет встроенных алгоритмов и функций газоанализатор на основе измеренных данных производил пересчет концентраций H_2 и CO_2 . Программное обеспечение “*Easy emission*” позволяло отображать на ПК в режиме реального времени все изменения концентраций компонентов газовой смеси в процессе горения топлива. Полученные в ходе экспериментов тренды концентраций подвергались дальнейшей обработке, которая включала в себя осреднение результатов экспериментов (методом трапеций), исключение грубых ошибок, определение доверительных интервалов и случайных погрешностей.

Экспериментальные определения концентраций оксидов серы (SO_x) и азота (NO_x) проводились для следующих топлив:

Компонент 1: Фильтр - КЕК «К» 80% + отработанное турбинное масло 10% + опилки 10%;

Компонент 2: Фильтр - КЕК «К» 80% + отработанное турбинное масло 10% + листья 10%;

Компонент 3: Фильтр - КЕК «К» 80% + отработанное турбинное масло 10% + солома 10%;

Навески всех исследуемых топлив имели массу 1 грамм. Результаты экспериментов по определению концентраций NO_x и SO_x при сжигании топливных образцов в муфельной печи приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты экспериментов

Суспензии			
SO_x , ppm	Компонент 1	Компонент 2	Компонент 3
700	30	12	24
800	40	25	46
900	89	92	94
1000	116	132	143
NO_x , ppm	Компонент 1	Компонент 2	Компонент 3
700	138	159	112
800	174	164	154
900	209	193	206
1000	231	213	270

Установлено, что при увеличении температуры окислителя, повышаются концентрации SO_x и NO_x в дымовых газах.

По результатам исследований, представленных в таблице 1 можно сделать следующие выводы

1. Использование суспензий композиционных топлив является более экологичным решением с точки зрения образования SO_x при сжигании

топлива, чем использование угля. Рассмотренные жидкие топлива демонстрируют меньшие в 1,5 – 3 раза концентрации оксидов серы в продуктах сгорания, чем у угля марки «К». Это связано с наличием воды в данных топливных компонентах. При высоких температурах происходит химическое реагирование продуктов разложения воды ($2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$) с оксидами серы: $\text{SO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$. Наименьшими концентрациями оксидов серы среди всех топливных суспензий характеризуется состав с добавлением опилок. Первоначально это связано с тем, что часть фильтр-кека марки «К» была заменена древесными опилками, имеющими в своем составе меньше серы, чем данный отход угольной промышленности. Значимость снижения выбросов SO_x заключается не только в уменьшении загрязнения атмосферы продуктами сгорания угля, но и с точки зрения управления процессами коррозии элементов котла. Высокие концентрации SO_x в дымовых газах приводят к сульфированию щелочных и щелочноземельных хлоридов с понижением температуры дымовых газов. Это приводит к освобождению хлора. Если эти реакции происходят в частицах золы, осажденных на поверхности труб теплообменника, выделившийся хлор способствует коррозии с образованием FeCl_2 или ZnCl_2 на поверхностях теплообменника [30].

2. При сжигании композиционных топлив, происходит снижение концентрации оксидов азота. Этому, в первую очередь, способствует наличие воды в рассматриваемых жидких топливах. Кислород, образующийся в ходе реакции, интенсифицирует процесс горения, а водород действует как восстановитель, помогая снизить содержание оксидов азота в дымовых газах ($2\text{NO} + 4\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$). Кроме того, важным фактором, влияющим на образование NO_x , является содержание азота в топливе [30]. Снижение общего азотосодержания водосодержащих топливных компонентов является еще одной причиной снижения концентрации NO_x в продуктах сгорания КЖТ, по сравнению с углем.

Основываясь на экспериментальных данных, можно сделать заключение

Во-первых, все рассмотренные КЖТ имеют меньшие концентрации SO_x и NO_x в дымовых газах.

Во-вторых, при внесении в состав компонента отработанного турбинного масла происходит увеличение концентраций оксидов серы и азота в продуктах сгорания.

В-третьих, добавление древесных опилок, листьев или соломы значительно улучшают экологические характеристики итоговой топливной композиции.

2 Проектирование системы контроля антропогенных выбросов

В качестве объекта автоматизации была выбрана топка котла котельной установки. Основной целью внедрения систем контроля антропогенных выбросов является снижение негативного влияния ТЭС на экологическую обстановку за счет обеспечения непрерывного контроля уровня выбросов в окружающую среду и проведения мер по их снижению.

Основной задачей такой системы является:

- непрерывный контроль и учет химического состава антропогенных выбросов в окружающую среду;

Существует несколько вариантов осуществления мониторинга дымовых газов в топке котла:

- контроль и учет температуры антропогенных выбросов;
- контроль и учет концентраций вредных веществ в составе дымовых газов;
- комбинированный способ, заключающийся в измерении концентраций вредных веществ и температуры антропогенных выбросов.

В данной работе выбран комбинированный способ для осуществления контроля антропогенных выбросов, поскольку он позволяет получать наиболее полную информацию о реальном уровне загрязнений, производимых ТЭС.

Существует ряд факторов, влияющих на достоверность измерений:

- непостоянство концентрации загрязняющих веществ в составе выбросов во времени;
- неравномерное распределения температур и концентраций антропогенных выбросов в топке котла;

Снижение температуры антропогенных выбросов достигается за счет уменьшения расхода композиционного топлива. Температура дымовых газов регулируется посредством поворота задвижки. Это решение позволяет

снизить не только температуру дымовых газов, но уменьшить антропогенные выбросы в атмосферу.

Основываясь на свойствах данных систем и предъявляемых к ним требованиях, в данной ВКР осуществлялось проектирование автоматической системы контроля антропогенных выбросов котельной установки при сжигании композиционных топлив.

2.1 Разработка структурной схемы

Задача регулирования технологического процесса котельного агрегата сводится, в основном, к необходимости поддержания материального и энергетического баланса, при котором он будет работать в постоянном (стационарном) режиме, который характеризуется постоянством во времени контролируемых параметров.

Объектом автоматизации является топка котла, в которой после впрыскивания композиционного топлива, измеряется температура и концентрация антропогенных выбросов.

При регулировании расхода композиционного топлива предъявляются жесткие требования к точности поддержания параметров на заданном значении.

Структура управления – это каналы передачи воздействий между частями автоматической системы.

При этом эффективность работы объекта автоматизации, относительная стоимость, ремонтпригодность, а также надежность напрямую зависят от выбора структуры управления объектом автоматизации.

В данной работе рассматривается дросселирование, которое управляет расходом компонентов в трубопроводе с помощью РО - задвижки. Этот метод является распространенным на практике и основывается на частичном перекрытии потока рабочей жидкости.

Структурная схема автоматической системы контроля антропогенных выбросов котельной установки на композиционном топливе, разработанная в ВКР, представлена на листе ФЮРА.421000.012 С1.

2.2 Разработка функциональной схемы

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами телемеханики и вычислительной техники).

Она представляет собой чертеж, на котором схематически условными обозначениями изображены: технологическое оборудование, коммуникации, органы управления и средства автоматизации с указанием связей между технологическим оборудованием и элементами автоматики, а также связей между отдельными элементами автоматики. Вспомогательные устройства, не показывают.

На технологических трубопроводах показана только та регулирующая и запорная арматура, которая непосредственно участвует в работе системы автоматизации или необходима для определения относительного расположения отборных устройств и первичных измерительных преобразователей.

Функциональная схема автоматической системы контроля антропогенных выбросов котельной установки на композиционном топливе, разработанная в ВКР, представлена на листе ФЮРА.421000.012 С2.

На функциональной схеме представлены измерительные каналы (1-5,13) и каналы регулирования (6-12). В верхней части листа размещается технологическая схема, которая позволяет отображать точки регулирования, первичные преобразователи, а также нумерацию измерительных и

управляющих каналов. В нижней части чертежа располагается щит управления.

Первичный измерительный преобразователь, регулирующие органы и исполнительные механизмы изображаются на технологической схеме в виде окружности. От них выводятся линии связи, которые идут к прямоугольнику с названием «Щит управления», на котором изображен контроллер.

Из резервуаров с компонентами, подаем топливо по отдельным трубопроводам в подсистему смешения, расход топлива измеряется по каналам 2, 3, 4. Расход топлива можно регулировать посредством изменения количества компонентов по каналам 6-12, проходящих через подсистему смешения и на выходе из нее.

Далее, суспензия, поступает по трубопроводу в котельный агрегат, где сгорает. В топке котла для контроля антропогенных выбросов измеряется температура по каналу 1, и концентрация дымовых газов по каналу 13.

2.3 Выбор технических средств и составление спецификации

В ходе проектирования автоматической системы контроля антропогенных выбросов котельной установки отдавалось предпочтение оборудованию и средствам автоматизации, которые выпускаются серийно отечественными предприятиями. Это упрощает закупку оборудования, обеспечивает наиболее полную поддержку со стороны производителя. Кроме того, предпочтение отдавалось унифицированным техническим средствам, так как это обеспечивает взаимозаменяемость, упрощает подключение друг с другом и формирование комплекта запасного имущества и принадлежностей.

При выборе оборудования необходимо учитывать предельные значения измеряемых параметров, а также условия, в которых возможна эксплуатация выбираемого оборудования.

2.3.1 Выбор датчика температуры.

В разработанной системе регулирования расхода антропогенных выбросов ТЭС измеряется температура антропогенных выбросов в топке котла. Компания «ОВЕН» предлагает большой выбор датчиков для измерения температуры. Рассмотрим некоторые из них подробнее.

А) ДТП-И – датчик с чувствительным элементом типа «термопара». Датчики ДТП выпускаются в двух исполнениях: ДТПЛ с преобразователем типа ТПЛ (ХК) и ДТПК с преобразователем типа ТПК (ХА). Рабочий диапазон для типа ТПЛ составляет $-40...+600$ °С, для типа ТПК рабочий диапазон составляет $-40...+800$ °С.

Б) ДТС-И – датчик с чувствительным элементом типа «термопреобразователь сопротивления».

Датчики предназначены для непрерывного измерения температуры жидких и газообразных сред, сыпучих материалов и твердых тел в различных отраслях промышленности, а также в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Датчики преобразуют изменение температуры в изменение электрического сопротивления постоянному току [32].

Для измерения температуры дымовых газов в топке котла, был выбран преобразователь термоэлектрический ДТПЛ545М-0100.160.1,0.И8 со встроенным нормирующим преобразователем. Связь с контроллером осуществляется посредством аналогового унифицированного токового сигнала $4...20$ мА. Основные характеристики выбранного термоэлектрического преобразователя представлены в таблице 2 [32].

Таблица 2 – Основные характеристики термоэлектрического преобразователя ДТПЛ545М-0100.160.1,0.И8

Наименование характеристик	Значение
Диапазон измеряемых температур, °С	от -50 до +180

Продолжение таблицы 2

Наименование характеристик	Значение
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, %	$\pm 1,0$
Класс допуска	2
Номинальное значение напряжения питания (постоянного тока), В	24
Степень защиты (по ГОСТ 14254)	IP54

2.3.2 Выбор технических средств измерения расхода суспензий.

Для измерения количества топлива 3-х компонентов, проходящих через подсистему смешения, необходимо установить расходомер. В данной работе проведем сравнение трех устройств, изготовленных различными производителями и работающих по разным принципам:

- электромагнитный расходомер фирмы «Endress+Hauser» типа Promag53P;
 - кориолисовый расходомер фирмы «Endress+Hauser» типа Proline Promass 80F;
 - ультразвуковой расходомер фирмы «Эй-Си Электроник» типа US800.
- Технические характеристики электромагнитного расходомера типа Promag 53P представлены в таблице 3 [33].

Таблица 3 – Технические характеристики электромагнитного расходомера типа Promag 53P

Наименование	Значение
Токовый выход	0...20 или 4...20 мА
Импульсный частотный выход	верхнее значение частоты 2...1000 Гц,
Питание	220 В АС или 24 В DC
Нормальные рабочие условия	температура среды: +80 °С

Продолжение таблицы 3

Наименование характеристик	Значение
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, %	$\pm 0,5$
Измерение расхода	до 9600 м ³ /ч

Технические характеристики кориолисового расходомера типа Proline Promass 80F представлены в таблице 4 [33].

Таблица 4 – Технические характеристики расходомера Proline типа Promass 80F

Наименование	Значение
Токовый выход	4...20 мА;
Питание	220 АС или 24 DC
Диапазон измерения	до 3200 т/ч
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, %	по массе: $\pm 0,35$
Рабочая температура	От - 50 до + 350 °С
Рабочее давление	0–3 МПа

Технические характеристики ультразвукового расходомера типа US-800 представлены в таблице 5 [34].

Таблица 5 – Технические характеристики ультразвукового расходомера фирмы «Эй-Си Электроник» типа US-800

Наименование	Значение
Токовый выход	4...20 мА
Питание	24 DC

Продолжение таблицы 5

Наименование	Значение
Рабочие условия	-40...+180 °С
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, %	По массе: ± 1
Измерение расхода	до 6500 м ³ /ч

На основе анализа технических характеристик был выбран ультразвуковой расходомер типа US-800, выпускаемый компанией «Эй-Си Электроник». Данный расходомер предназначен для: измерения расхода и объема горячей и холодной воды, теплоносителя, сточных вод, водных и химических растворов, агрессивных и вязких жидкостей. Наиболее подходит для проектируемой системы по диапазону рабочих температур.

2.3.3 Выбор технических средств измерения состава дымовых газов

Существует несколько принципов измерения состава дымовых газов:

1. термокондуктометрический;
2. пневматический;
3. магнитный;
4. инфракрасный;
5. ионизационный;
6. ультрафиолетовый;
7. люминесцентный.

По исполнению газоанализаторы делятся на стационарные, переносные и портативные. При выборе газоанализатора для системы контроля дымовых газов необходимо также учитывать количество каналов измерения и измеряемых компонентов. Кроме того, важно уделить внимание диапазонам

измерений для каждого компонента газовой смеси. Поскольку дымовые газы являются многокомпонентной смесью, необходимо выбирать многоканальный газоанализатор.

В рамках данной работы был выбран стационарный газоанализатор SWG 300, выпускаемый ООО «МРУ Рус», г. Москва. Технические характеристики газоанализатора SWG 300 представлены в таблице 6 [35].

Таблица 6 – Технические характеристики газоанализатора SWG 300

Наименование	Значение
Токовый выход	4...20 мА
Температура дымовых газов	До 650 °С
Каналы измерения	O ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , SO ₂ , NO, NO ₂

2.3.4 Выбор исполнительного механизма

Исполнительный механизм – это устройство, преобразующее выходной сигнал регулятора в перемещение регулирующего органа. Обычно исполнительные механизмы состоят из трех основных частей: привод, прибор для управления приводом и регулирующий орган.

За счет подвода энергии извне исполнительный механизм развивает усилие и мощность, достаточные для перемещения регулирующего органа в положение, соответствующее командному сигналу. Например, исполнительный механизм может использоваться, чтобы изменить степень открытия клапана для увеличения или уменьшения загрузки, или изменить положение заслонки или жалюзи.

Выбор ИМ определяется типом трубопроводной арматуры, и значением крутящего момента. [31]

В данной работе предполагается использование запорно-регулирующего крана, который позволяет управлять интенсивностью потока

компонентов на смешивание либо надежно перекрывать его. Значит, тип ИМ – МЭО.

Максимальный крутящий момент МЭО вычисляется по формуле:

$$M_{\max} = 6,89 \cdot D_y - 338 = 6,89 \cdot 140 - 338 = 626,6 \text{ Н} \cdot \text{м} ,$$

где D_y - условный диаметр трубопровода, мм.

При выборе ИМ типа МЭО должно выполняться условие $M_H > M_{\max}$, поэтому по каталогу завода-изготовителя «АБС ЗЭиМ Автоматизация» выбираем механизм электроисполнительный однооборотный фланцевый с номинальным значением момента на выходном валу 630 Н·м , номинальное значение времени полного хода 25 с, в составе с индуктивным блоком сигнализации положения выходного вала. Тип МЭОФ–630/25–0,25Н-97.

2.3.5 Выбор регулирующего устройства

Микропроцессорный контролер выступает в качестве регулирующего устройства.

В рамках данной работы рассмотрим продукцию фирм «ОВЕН», «ВЭСТ» и «ЭлеСи». Технические характеристики контроллеров приведены в таблице 7 [32, 36, 37].

Таблица 7 – Технические характеристики рассматриваемых ПЛК

Тип контроллера	ПЛК63	ВЭСТ-02	Элсима-М01
Напряжение питания	~220 В, 50 Гц; 24 В	~220 В, 50 Гц	24 В
Потребляемая мощность, для переменного тока, ВА	18	3	–
Параметры встроенного вторичного источника питания, выходное напряжение, В	24±3	–	24±3
Количество аналоговых выходов		4	2

Продолжение таблицы 7

Тип контроллера	ПЛК63	ВЭСТ-02	Элсима-М01
Количество аналоговых входов	8	8	4

При проектировании системы регулирования антропогенных выбросов ТЭС был выбран программируемый логический контроллер Элсима-М01, выпускаемый АО «ЭлеСи», г. Томск.

Реализация системы регулирования расхода композиционных топлив подразумевает наличие у контроллера 14 аналоговых входов, поэтому необходимо установить два модуля удаленного аналогового ввода-вывода Элсима-А01. Каждый модуль добавляет 8 аналоговых входов, тем самым обеспечивается наличие необходимого количества аналоговых входов.

Технический документ, который содержит обозначения составных частей приборов, их наименование и количество, выполненный в виде таблицы называется спецификацией.

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации системы регулирования представлена на ФЮРА.421000.012 ЗС.

3 Разработка щита управления системы контроля антропогенных выбросов

3.1 Разработка монтажной схемы

Схема внешних электрических проводок показывает количество, тип и длину электропроводки, кабелей, импульсные, командные, питающие, защитные трубы. [31]

На чертежах соединения внешних проводок изображается:

1. отборные устройства и первичные преобразователи, встраиваемые в технологическое оборудование и трубопроводы;
2. приборы и средства автоматизации, устанавливаемые вне щитов и пультов;
3. щиты, пульты и т.п.;
4. вспомогательные устройства (соединительные и протяжные коробки, фитинги, коробки свободных концов термопар и т.п.);
5. устройства заземления щитов, приборов и других токоприемников.

Монтажная схема соединений внешних проводок проектируемой системы представлена на ФЮРА.421000.012 С4.

В верхней части схемы расположена таблица с обозначениями измеряемых параметров, измеряемой среды, мест установки и позиционного обозначения измерительных приборов. Ниже расположены условно изображенные датчики, от которых отходят кабели, обозначенные на чертеже линиями, прописано название кабеля, его сечение и количество жил, а также протяженность. Линии, проведенные от датчиков, соединены с прямоугольником, обозначающим шкаф автоматизации. Условно изображены и пронумерованы клеммы, к которым подходят линии от датчиков.

В правой части чертежа расположены устройства и механизмы, предназначенные непосредственно для регулирования технологического параметра, путем подачи на них дискретных сигналов. Также проведены

линии до шкафа автоматизации, обозначающие кабели, прописаны их характеристики.

Для электропроводок систем автоматизации применяются изолированные провода и кабели с алюминиевыми и медными жилами. В цепях измерения, управления, питания, сигнализации и т.п. (в том числе в цепях телемеханических устройств) допускается применять провода и кабели с медными жилами.

Для прокладки в пластмассовых и стальных защитных трубах (в металлических рукавах) должны применяться провода с сечением медных жил не менее 1 мм^2 , алюминиевых - 2 мм^2 , обладающих достаточной механической прочностью, необходимой для выполнения затяжки этих проводов в трубы.

Помимо требований к материалу проводников (медь и алюминий) и допустимым сечениям при выборе проводов и кабелей особое внимание должно уделяться соответствию их технических данных условиям окружающей среды. Необходимо, чтобы изоляция, защитные оболочки и наружные покровы проводов и кабелей отвечали условиям окружающей среды и принятому способу выполнения электропроводки. При выборе проводов и кабелей необходимо учитывать резерв жил.

3.2 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления

Полный состав приборов и средств автоматизации, используемые в составе автоматической системы контроля антропогенных выбросов отражает принципиальная электрическая схема.

Схема соединений определяет конструктивное выполнение электрических соединений элементов в изделии. На схеме изображаются все устройства и элементы, входящие в схему, а также соединения между ними [31]. Устройства изображаются в виде прямоугольников, элементы – в виде условных графических изображений, установленных в ЕСКД. Около условных графических обозначений устройств и элементов указывают

позиционные обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме. На схеме необходимо указывать обозначения выводов (контактов) элементов, нанесенные на изделие или установленные в документации изделия. Проводам, жгутам, кабелям на схеме присваиваются порядковые номера.

Схема соединений представлена на ФЮРА.421000.012 Э4.

3.3 Разработка перечня элементов щита управления

Совместно с разработкой чертежей принципиальной электрической схемы системы автоматизации в общем случае должны составляться перечни элементов.

Шкаф автоматизации питается от двухфазной цепи переменного тока с напряжением 220 В. Для обеспечения электробезопасной работы оборудования в щит устанавливаются автоматические выключатели (QF1, QF2). Блок бесперебойного питания EF UPS 1AC/24 DC-8 (G1) необходим для преобразования напряжения сети переменного тока 220 В в постоянное напряжение 24 В. Контроллер (A1) и вторичные измерительные разделительные преобразователи ET 422 (UY1-UY7), расположенные в шкафу, питаются через блоки бесперебойного питания 24 В. В шкафу установлена розетка (XS1) на ~220 В для удобства обслуживания оборудования.

Перечень элементов, находящихся в схеме, приведен на ФЮРА.421000.012 ПЭ4.

3.4 Разработка общего вида щита управления

Чертеж общего вида шкафа управления поясняет принцип его работы, показывает его конструкцию и как взаимодействуют его части. Общий вид шкафа представлен на листе с шифром ФЮРА.42100.012 ВО.

В шкафах систем автоматизации размещают средства контроля и управления технологическим процессом, контрольно-измерительные

приборы, сигнальные устройства, аппаратуру управления, автоматического регулирования, защиты и блокировки линий связи между ними [31]. Шкафы систем автоматизации устанавливают в производственных и специализированных помещениях: операторских, диспетчерских, аппаратных и т.д. Общие виды шкафов должны быть выполнены в объеме, позволяющем изготовить оборудование на специализированных заводах со всеми вырезами и креплениями, необходимыми для установки приборов, средств автоматизации и вводов проводок. Исходные материалы для проектирования общих видов: 1) функциональные схемы систем автоматизации; 2) принципиальные схемы электрические, пневматические автоматического регулирования, управления и сигнализации.

4 Характеристики объекта автоматизации

Процесс сжигания осуществляется в водогрейном котле с вихревой топкой КВ 5,0-115 ШпВТ (рисунок 3). Процесс горения в такой топке характеризуется следующими признаками:

1) В случае превышения температуры $t > 1000^{\circ}\text{C}$, происходит выделение оксидов серы и азота, что неблагоприятно сказывается на окружающей среде. Так же высокие температуры вредят поверхностям нагрева котла.

2) В случае низкой температуры $t < 700^{\circ}\text{C}$, происходит недожог топлива, это приводит к существенному снижению теплопроизводительности котла и времени его работы на одной загрузке. При этом в топке котла образуется зола, что крайне негативно сказывается на работе котла.

3) Превышение антропогенных выбросов оксидов серы $\text{SO}_x > 300 \text{ мг/м}^3$ и азота $\text{NO}_x > 500 \text{ мг/м}^3$, влечет за собой смертельную угрозу для здоровья человечества. Наиболее подвержены риску сердечно - сосудистая, кровеносная, дыхательная системы, обостряются хронические и легочные заболевания, появляются злокачественные новообразования.

При сжигании композиционных топлив вихревым методом, топливо циркулирует по организованному контуру потока столько раз, сколько необходимо для его полного сгорания [24]. Если большие количества частиц топлива непрерывно возвращаются в активную зону сгорания, то есть возможность большего времени нахождения топлива в топке без увеличения ее объема. Достоинством вихревых топок при сжигании КЖТ является снижения потерь с механическим недожогом и затрат на размол топлива, так же с увеличением расхода топлива процесс горение в топке стабилен.

Композиционное топливо содержит более 30% воды (бывает до 50-60%), из-за этого возникают проблемы с процессом сгорания в топке, которые вызваны пониженной калорийностью КЖТ. Для сжигания композиционного топлива, топка котла должна обеспечивать достаточно длительное время

пребывания частиц топлива в камере сгорания, поддерживать стабильную высокую температуру, и интенсивно перемешивать топливо с окислителем. Такие условия, могут быть обеспечены при вихревом способе сжигания, который является распространенным при сжигании КЖТ, и не имеет аналогов.

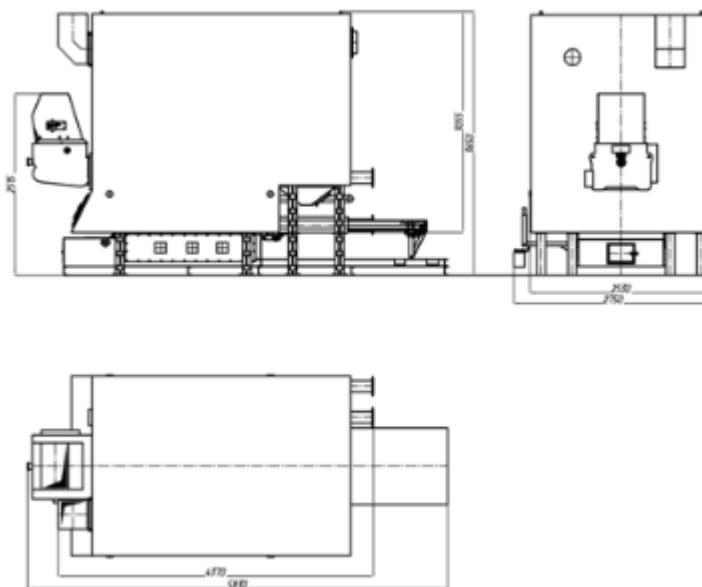


Рисунок 3- Схема водогрейного котла с вихревой топкой КВ 5,0-115
ШпВТ

Водогрейные котлы с вихревыми топками работают на различном топливе (котлы на угле, котлы на лузге подсолнечника, котлы на сухих древесных и других растительных отходах, котлы на влажных древесных отходах, котлы на птичьем подстилочном помёте, навозе, лигнине), блочно-модульных котельных и калориферных установок, воздухонагревательных установок для шахт и рудников, дробилок, систем складирования топлива, транспортирующих систем, топок и питателей, систем золоулавливания, обдувочных аппаратов и горелочных устройств.

Основные технические характеристики установки приведены в таблице 8, 9.

Таблица 8. Техническая характеристика котла КВ 5,0-115 ШпВТ

Номинальная мощность, МВт (Гкал)	5,0 (4,3)
Рабочее давление, МПа	0,6
Гидравлическое сопротивление, МПа	0,15
Температура теплоносителя вх/вых, °С	70/115
Расход воды, м ³ /ч	99 (55)
Диапазон регулирования, %	20-120
Температура уходящих газов, °С	160-170
Расчетный КПД, %	87
Расход топлива ($Q_p=5000$ ккал/кг), кг/ч	988
Расход воздуха, нм ³ /ч	6500
Масса металла под давлением, кг	6720
Масса поставляемого блока котла, кг	8000
Масса выгрузителя шлака ВШо 1,9*1,2, кг	2000

Таблица 9. Экологические показатели

Выбросы NO _x , мг/м ³	Не более 200
Выбросы CO, мг/м ³	Не более 500
Выбросы твердых частиц, мг/м ³	Не более 150

Использование предлагаемого котла позволяет обеспечить:

- высокий КПД (более 87%) и экономичность котлоагрегата;
- высокие экологические показатели (CO менее 300 мг/м³, NO_x более 80 мг/м³);
- возможность сжигания отходов углеобогащения, дробленых углей, в том числе с высокой зольностью;
 - высокая надежность, и возможность автоматизации топки при регулировании подачи топлива.

5 Расчет параметров настройки регулятора

5.1 Идентификация объекта управления

Идентификация предназначена для получения математических моделей объекта управления. Существует активная и пассивная, в инженерной практике применяют активную идентификацию (на объект подается специализированное входное воздействие и по реакции объекта при обработке результатов получают математическую модель).

Таблица 10 – Исходные данные

τ	K	n	T	ψ	I
5	15	1	200	0,8	I_1
$T_i = \frac{T}{i} \text{ (с); } i=1,2,\dots,n$					
<p>Обозначения:</p> <p>K – коэффициент передачи объекта;</p> <p>τ – запаздывание объекта;</p> <p>T_i – i-я постоянная времени объекта;</p> <p>n – порядок объекта;</p> <p>ψ – требуемая степень затухания переходных процессов в системе;</p> <p>I – заданный интегральный критерий качества работы системы.</p> $I_1 = \int_0^{\infty} e(t) \cdot dt$					

Исходя из данных таблицы 10, можно определить значение заданной степени колебательности m системы по формуле:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = 0,256, \quad (1)$$

где ψ – степень затухания переходных процессов в заданной системе регулирования.

Передаточная функция объекта регулирования согласно исходным данным определяется по формуле:

$$W_{o\delta}(P) = \frac{K \cdot e^{-P \cdot \tau}}{\prod_{i=1}^n (T_i \cdot P + 1)}, \quad (2)$$

где P – оператор Лапласа.

При $n = 1$ выражение для $W_{o\delta}(P)$ примет вид:

$$W_{o\delta}(P) = \frac{K \cdot e^{-P \cdot \tau}}{(T_1 \cdot P + 1) \cdot (T_2 \cdot P + 1)}. \quad (3)$$

По данным таблицы 3 определяем значения неизвестных параметров:
 $T_i = T / i$, $T_1 = 200$ с, $T_2 = 100$ с.

$$W_{o\delta}(P) = \frac{15 \cdot e^{-5 \cdot P}}{(200P + 1) \cdot (100P + 1)}.$$

Выполним замену: $p \rightarrow -m \cdot \omega + i \cdot \omega$, в результате получаем выражение для РАФЧХ объекта регулирования:

$$W_{o\delta}(m, i\omega) = \frac{15 \cdot e^{-5 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega)}}{[200 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1] \cdot [100 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1]} \quad (4)$$

Используя программу MathCad, предварительно задав начальное значение частоты $\omega = 0$ с⁻¹ и шаг по частоте $\Delta\omega = 0.005$ с⁻¹, рассчитываем расширенные частотные характеристики объекта при изменении частоты до $\omega = 0,1$ с⁻¹.

Расширенная вещественная частотная характеристика (РВЧХ):

$$\text{Re}_{o\delta}(m, \omega) = \text{Re}(W_{o\delta}(m, i\omega)); \quad (5)$$

Расширенная мнимая частотная характеристика (РМЧХ):

$$\text{Im}_{o\delta}(m, \omega) = \text{Im}(W_{o\delta}(m, i\omega)); \quad (6)$$

Расширенная амплитудно-частотная характеристика (РАЧХ)

$$A_{o\delta}(m, \omega) = \sqrt{\text{Re}_{o\delta}^2(m, \omega) + \text{Im}_{o\delta}^2(m, \omega)}; \quad (7)$$

Расширенная фазо-частотная характеристика (РФЧХ):

$$\varphi_{o\delta}(m, \omega) = \arctan \left(\frac{\text{Im}_{o\delta}(m, \omega)}{\text{Re}_{o\delta}(m, \omega)} \right). \quad (8)$$

Результаты расчётов сведём в таблицу 11.

Таблица 11 – Расширенные частотные характеристики объекта регулирования

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{o\delta}(m, \omega)$	$\text{Im}_{o\delta}(m, \omega)$	$A_{o\delta}^2(m, \omega)$	$\varphi_{o\delta}(m, \omega)$
0	15	0	15	0
0,005	1.13126	-11.996	12.049	-1.477
0,01	-4.00048	-4.365	5.921	0.829
0,015	-2.89634	-1.197	3.134	0.392
0,02	-1.85218	-0.248	1.869	0.133
0,025	-1.22357	0.046	1.224	-0.038
0,03	-0.84871	0.139	0.86	-0.162
0,035	-0.61492	0.162	0.636	-0.258
0,04	-0.46179	0.161	0.489	-0.336
0,045	-0.35702	0.152	0.388	-0.403
0,05	-0.28262	0.14	0.316	-0.461
0,055	-0.2281	0.128	0.262	-0.513
0,06	-0.18707	0.117	0.221	-0.56
0,065	-0.15549	0.107	0.189	-0.604
0,07	-0.1307	0.098	0.164	-0.645
0,075	-0.11092	0.09	0.143	-0.684
0,08	-0.0949	0.083	0.126	-0.721
0,085	-0.08175	0.077	0.112	-0.757
0,09	-0.07084	0.072	0.101	-0.792
0,095	-0.06169	0.067	0.091	-0.825
0,1	-0.05395	0.062	0.082	-0.858

5.2 Определение оптимальных параметров настройки регулятора

Расчётные формулы корневого метода для ПИ-регулятора имеют следующий вид:

$$\frac{K_p}{T_u} = - \frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{o\delta}(m, \omega)}{A_{o\delta}^2(m, \omega)}; \quad (9)$$

$$K_p = - \frac{m \cdot \text{Im}_{o\delta}(m, \omega) + \text{Re}_{o\delta}(m, \omega)}{A_{o\delta}^2(m, \omega)}, \quad (10)$$

где K_p – коэффициент передачи, T_u – постоянная интегрирования.

Зададим диапазон изменения частоты $\omega = 0 \div 0,8 \text{ с}^{-1}$ с шагом $\Delta\omega = 0,005 \text{ с}^{-1}$, определим настройки регулятора K_p/T_u и K_p в заданном диапазоне частот. Результаты расчётов сведём в таблицу 12.

Таблица 12 – Результаты расчёта настройки ПИ- регулятора в заданном диапазоне частот

$\omega, \text{ с}^{-1}$	K_p/T_u	K_p
0	0	-0.067
$5 \cdot 10^{-3}$	0.00044	0.013
0.01	0.00133	0.146
0.015	0.00199	0.326
0.02	0.00152	0.549
0.025	-0.00082	0.808
0.03	-0.00599	1.1
0.035	-0.01496	1.418
0.04	-0.02875	1.757
0.045	-0.04842	2.112
0.05	-0.07507	2.478
0.055	-0.10982	2.85
0.06	-0.15382	3.221
0.065	-0.20822	3.587
0.07	-0.27419	3.943
0.075	-0.35288	4.284
0.08	-0.44546	4.604

По данным таблицы 12 построим график зависимости $K_p/T_u = f(K_p)$, (рисунок 4).

Все значения K_p/T_u и K_p , лежащие на этой кривой, обеспечивают заданную степень затухания.

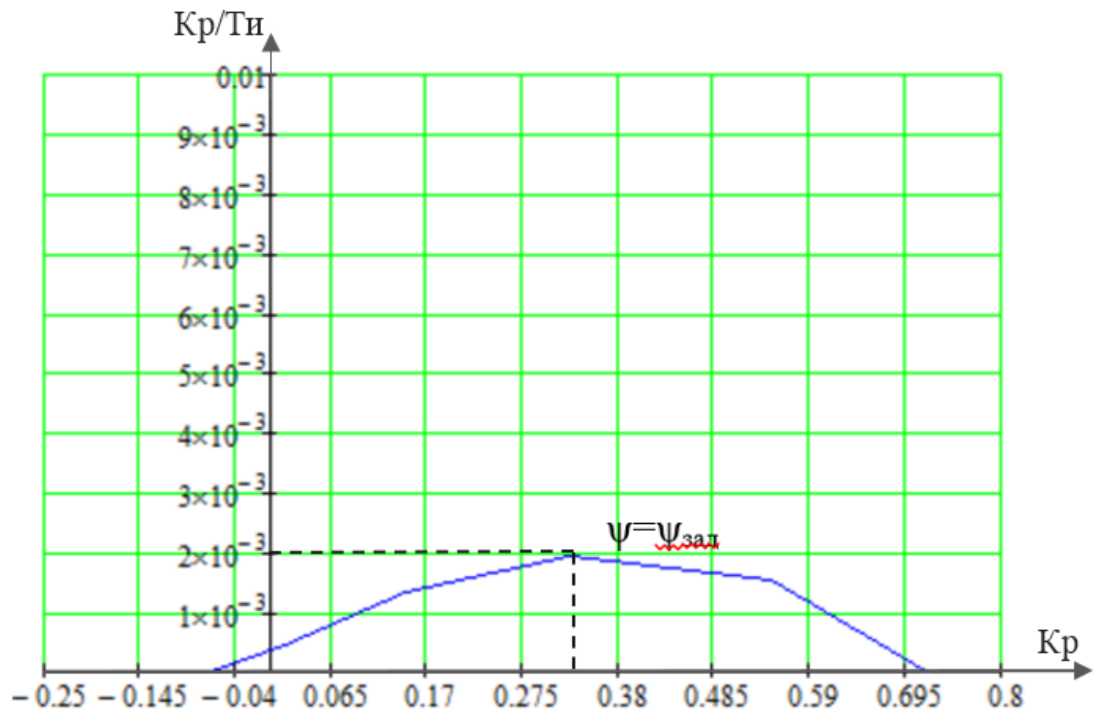


Рисунок 4 – Область параметров настройки ПИ- регулятора

В качестве критерия качества используется первая интегральная оценка. Минимальное значение этой оценки соответствует точке с максимальным значением соотношения K_p/T_u на линии заданного запаса устойчивости. Из таблицы 5 определяем:

$$\max \left(\frac{K_p}{T_u} \right) = 0,002, K_p = 0,326, \text{ резонансная частота } \omega = 0,015 \text{ с}^{-1}.$$

Определим постоянную интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{\left(\frac{K_p}{T_u} \right)} = \frac{0,326}{0,002} = 163 \text{ с}. \quad (11)$$

Передаточная функция регулятора:

$$W_p(P) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_u P} \right) = 0,326 + \frac{0,326}{0,002 P}. \quad (12)$$

Произведем оценку качества переходного процесса в замкнутой системе при возмущении, которое идет по каналу регулирующего воздействия.

$$W(P) = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)}, \quad (13)$$

где $W_p(P)$ – передаточная функция регулятора;

$W_{об}(P)$ – передаточная функция объекта.

Переходный процесс, идущий в замкнутой системе по каналу задающего воздействия, рассчитывается по методу трапеций. Для расчета переходного процесса определим вещественную частотную характеристику системы. На рисунке 5 представлен график вещественной частотной характеристики.

Переходная характеристика системы связана с вещественной частотной характеристикой системы выражением:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega, \quad (14)$$

где $Re(\omega)$ – вещественная частотная характеристика системы;

ω – частота;

t – продолжительность переходного процесса системы.

Для достижения точности расчета в качестве верхнего предела интеграла применяется не бесконечность, а значение, при котором значение вещественной частотной характеристики системы стремится к 0. Из рисунка 5 определяем это значение. Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,16} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega.$$

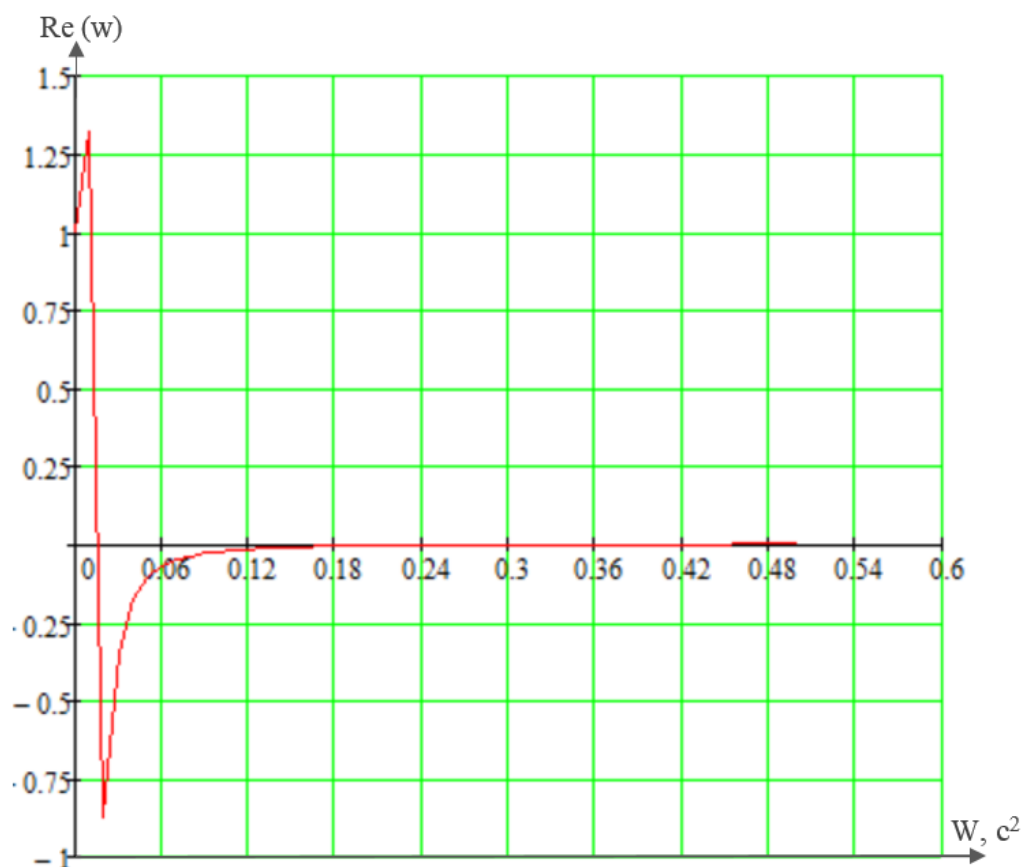


Рисунок 5 – Графическое представление вещественной частотной характеристики системы

На рисунке 6 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия. С помощью этого переходного процесса была произведена прямая оценка качества регулирования. Данная оценка позволит сделать вывод о том, насколько система удовлетворяет требованиям, предъявленным к системе.

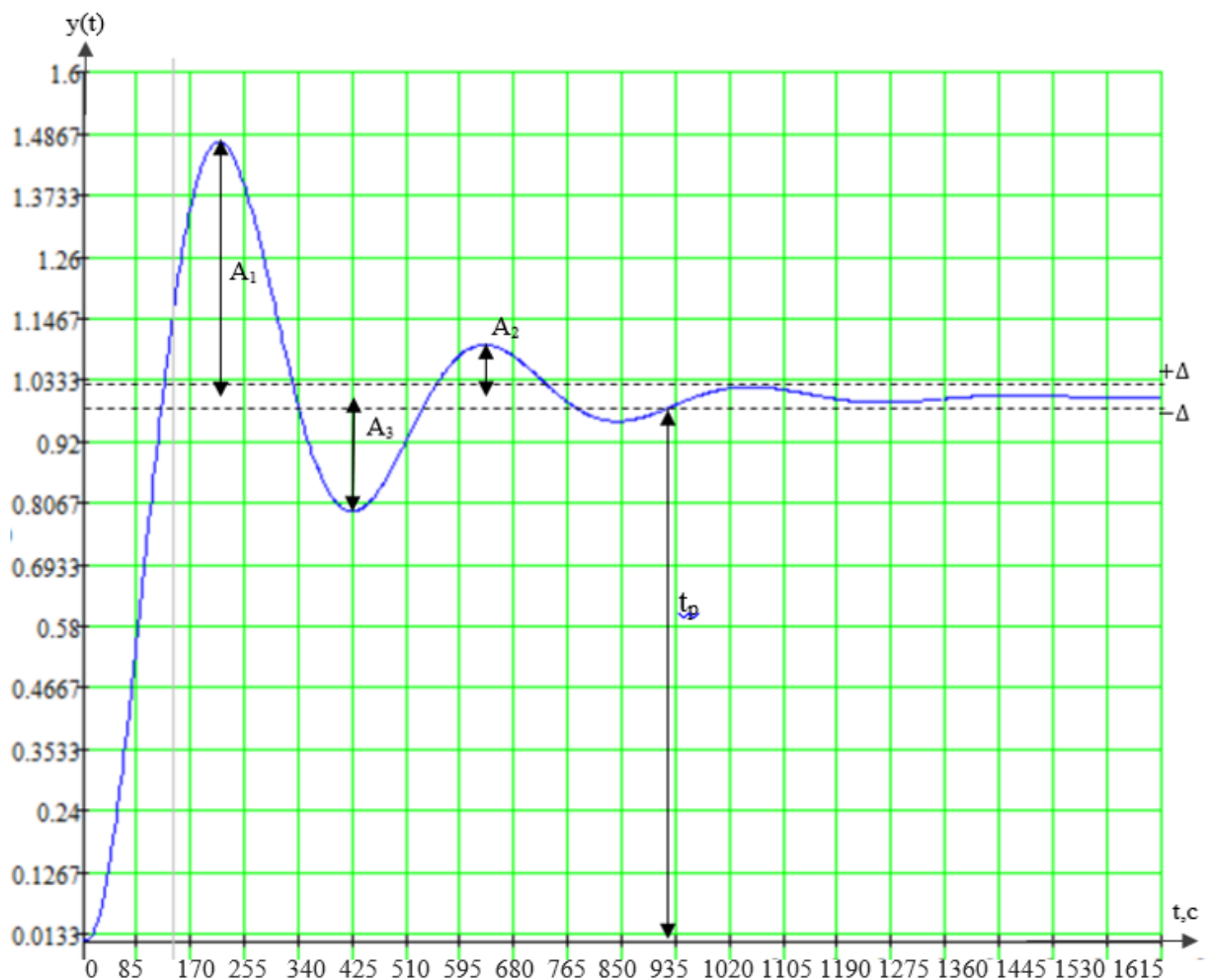


Рисунок 6 – Переходный процесс в системе по каналу задающего воздействия

С использованием графика определяются прямые оценки качества [2]:

1) максимальная динамическая ошибка: $A_1 = 0,453$;

2) перерегулирование: $\sigma = \frac{A_3}{A_1} \cdot 100 = \frac{0,193}{0,453} \cdot 100 = 42,6 \%$, где $A_3 = 0,193$

– первое минимальное отклонение регулируемой величины;

3) динамический коэффициент регулирования R_D :

$$R_D = \frac{A_1 + y(\infty)}{K_{об}} \cdot 100 = \frac{0,453 + 1}{15} \cdot 100 = 9,68 \%$$
, где $K_{об} = 15$ – коэффициент передачи объекта;

4) степень затухания переходного процесса: $\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,09}{0,453} = 0,8$,

где $A_2 = 0,09$ – второй максимальный выброс регулируемой величины;

5) статическая ошибка: $\varepsilon_{CT} = y(\infty) = 0$;

6) время регулирования: $t_p = 935$ с.

6 Мнемосхема проекта

Мнемосхема представляет собой графическое изображение функциональной схемы управляемого или контролируемого объекта. Таким образом, схема может описывать технологический процесс с программным управлением. В процессе управления мнемосхема является источником информации о текущем состоянии системы, характере и структуре протекающих в ней процессов.

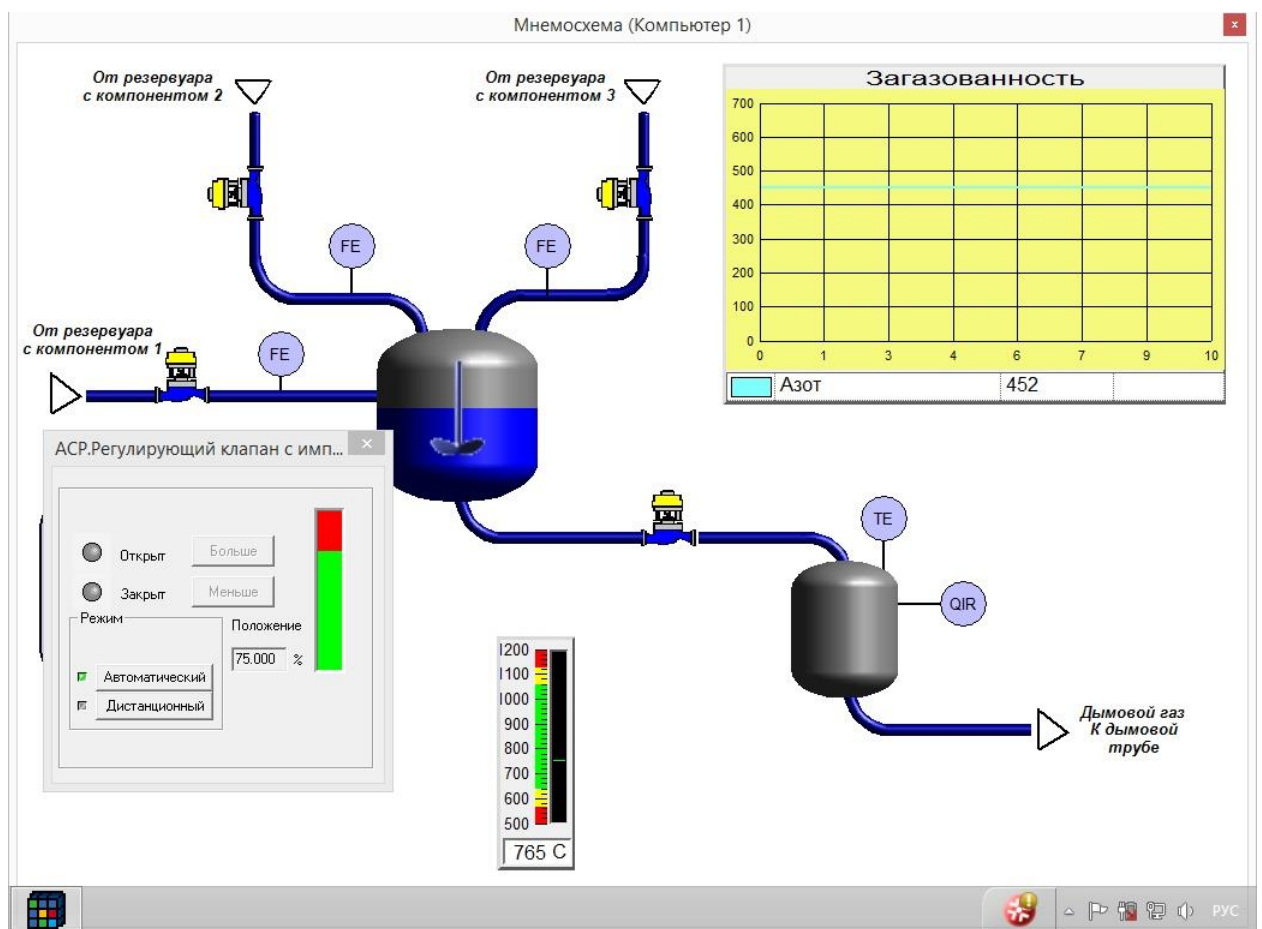


Рисунок 7 – Мнемосхема

В зависимости от положения задвижки меняется температура и концентрация антропогенных выбросов в топке.

В случае превышения температуры дымовых газов загорается соответствующий индикатор. Уменьшается расход суспензионного топлива на выходе из подсистемы смешения. В случае низкой температуры дымовых газов загорается соответствующий индикатор. Увеличивается расход

суспензионного топлива на выходе из подсистемы смешения. Если температура в топке котла не увеличивается, увеличивается расход третьего компонента на основе турбинного масла. В случае превышения концентрации серы и/или азота загорается соответствующий индикатор, что приводит к регулированию расхода в сторону уменьшения подачи первого компонента с ВУТ, и увеличению второго компонента на основе (опилки + вода). Задвижка имеет крайние положения (закрыта, открыта) и процент открытия. Её положение отображается ползунковым индикатором. Степень открытия задвижки обозначается зеленым цветом на индикаторе.

Тестирование ПО

Если температура в топке котла уменьшается $T=659^{\circ}\text{C}$, загорается индикатор 2, открывается задвижка на вход котлоагрегата до 100%.

Если же температура не дошла до среднего значения, открывается задвижка на 3 трубопроводе (с компонентом 3 - турбинное масло) на 100%.

Мнемосхема данных параметров представлена на рисунке 8.

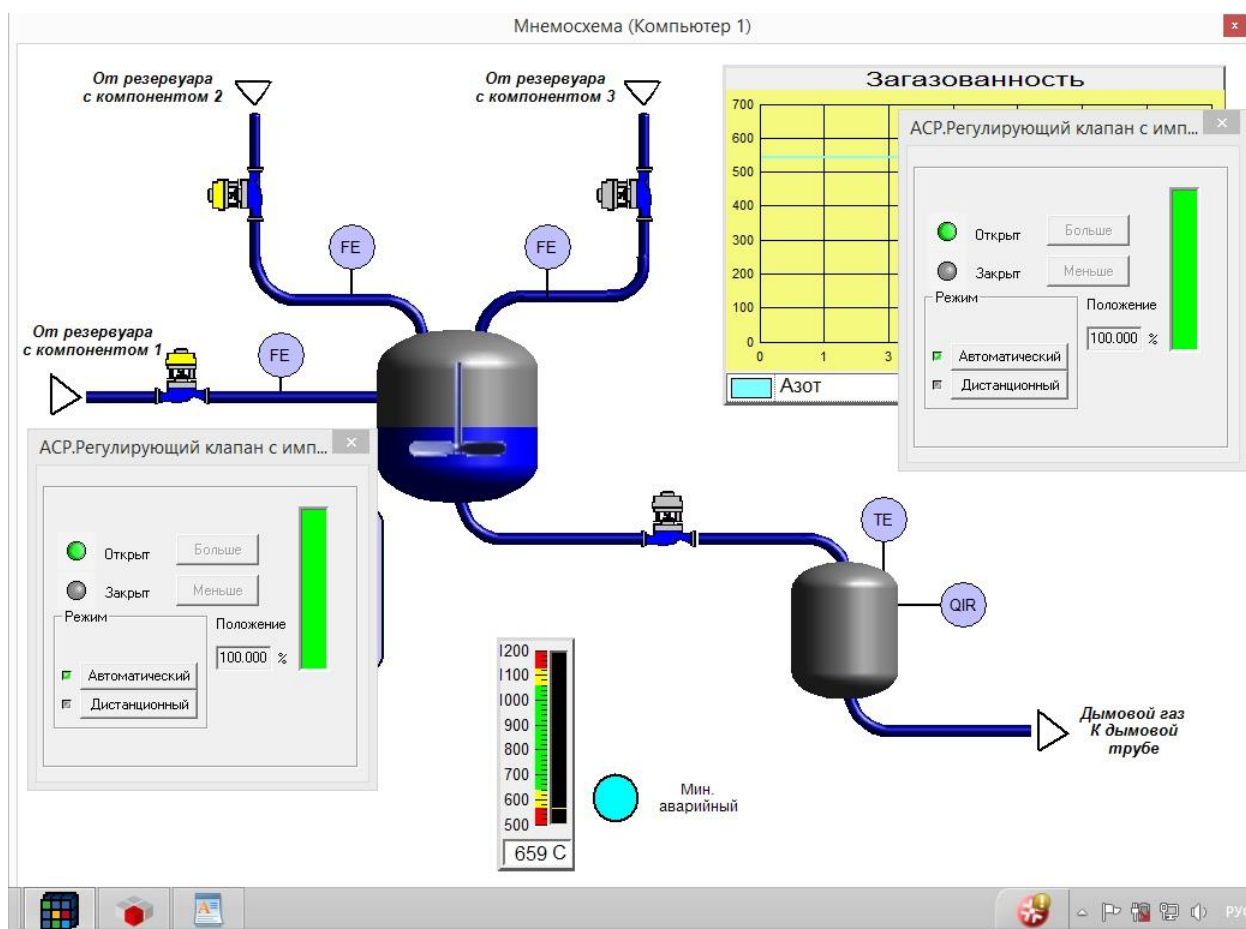


Рисунок 8 –Функционирование мнемосхемы

В случае превышения температуры $T=1065^{\circ}\text{C}$, загорается индикатор 2, уменьшается расход суспензии на выходе из подсистемы смешения, задвижка на вход котлоагрегата закрывается на 50%. Для уменьшения выбросов, открывается задвижка на первом трубопроводе (с компонентом 1 –опил + вода) на 100%. Мнемосхема представлена на рисунке 9.

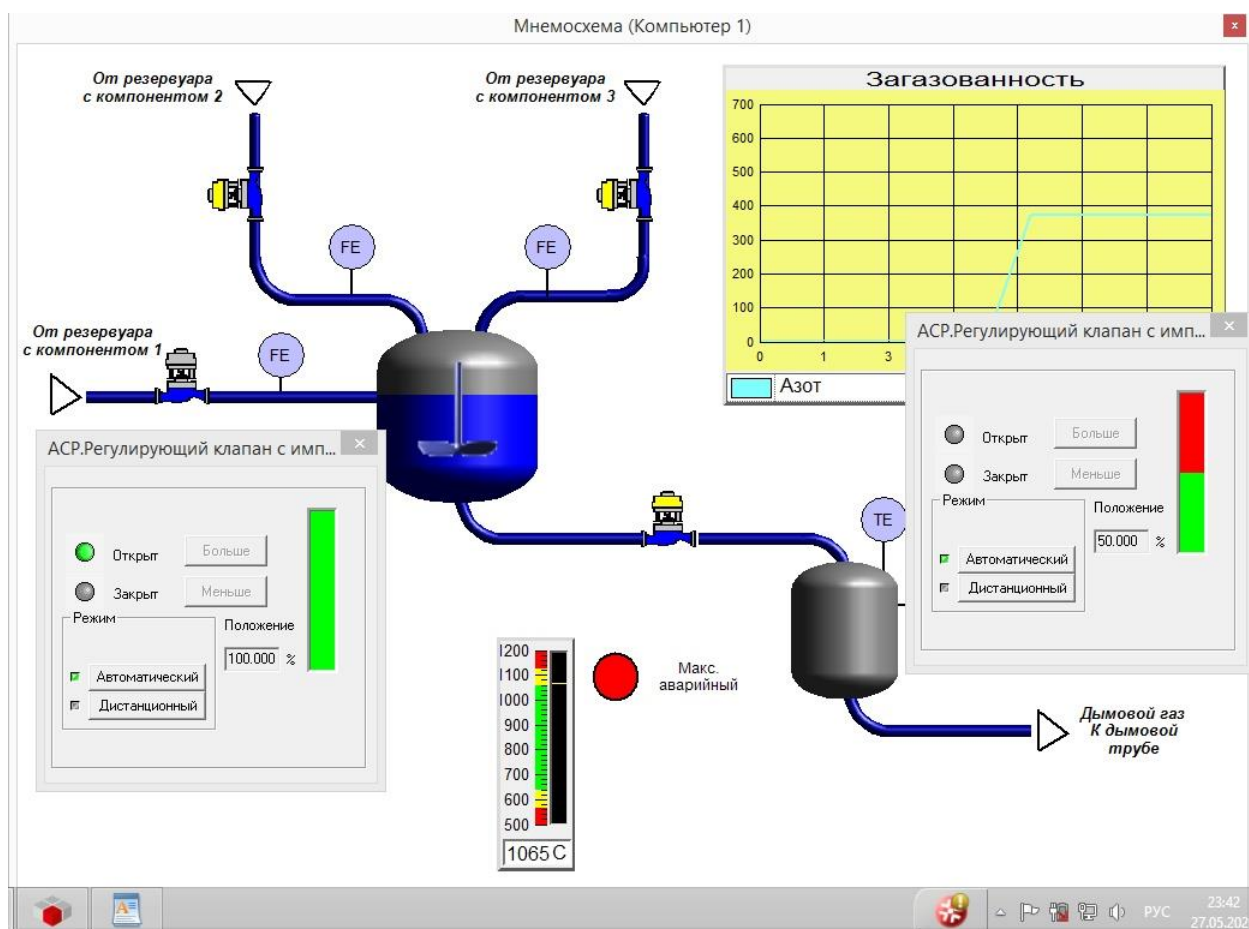


Рисунок 9 – Функционирование мнемосхемы

Если концентрация азота >500 или серы >300 , то срабатывает индикатор 3, задвижка на втором трубопроводе (с компонентом 2 – уголь + вода) закрыта на 50% , а задвижка на трубопроводе 1 (с компонентом 1 – опил + вода) открыта на 100%. Функционирование мнемосхемы представлено на рисунке 10.

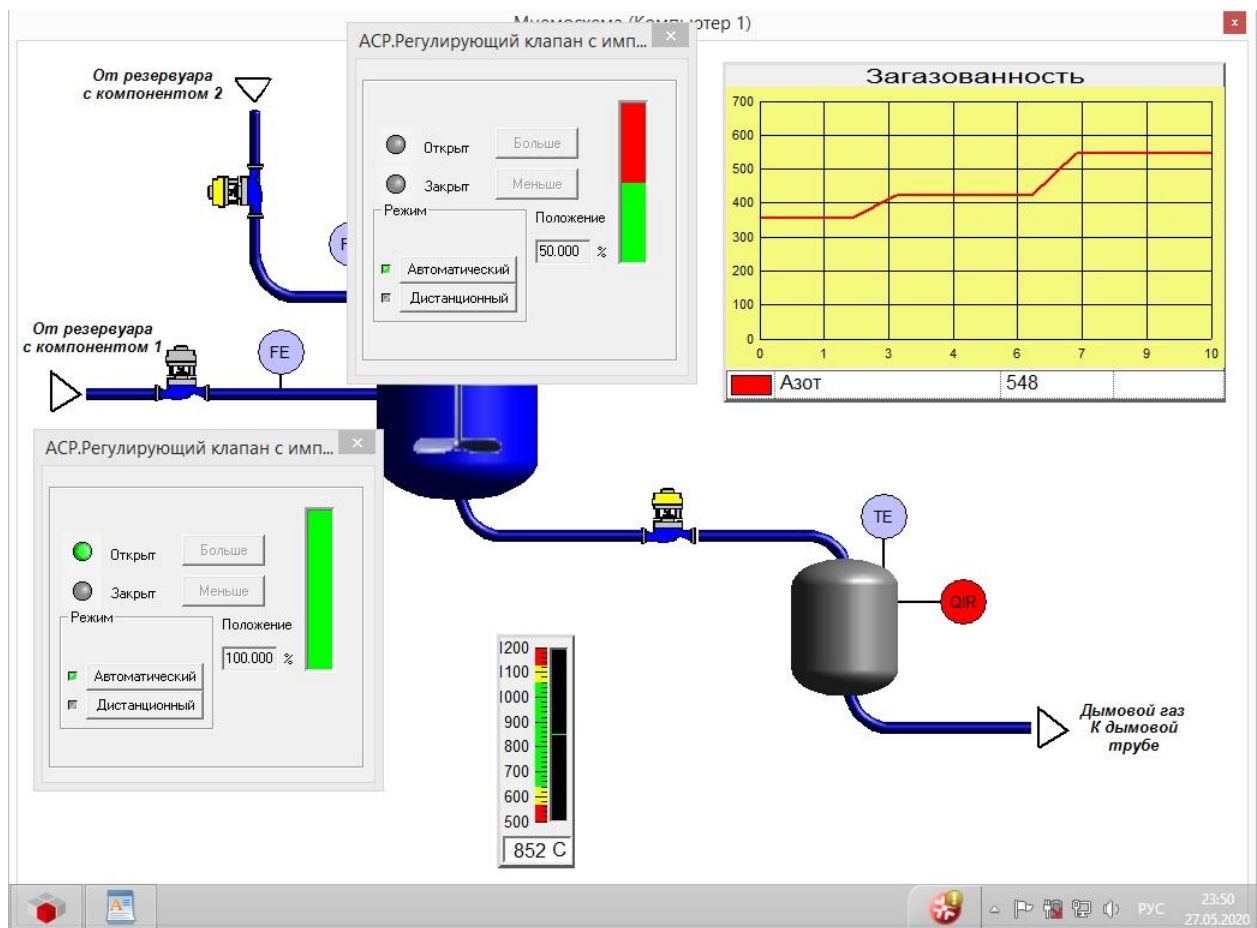


Рисунок 10 – Функционирование мнемосхемы

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Райфегерст Екатерине Ильиничне

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Тема ВКР:

Автоматическая система контроля антропогенных выбросов котельной установки на композиционном топливе	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования	Автоматическая система контроля антропогенных выбросов котельной установки при сжигании композиционных топлив.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	– Конституция Российской Федерации. – Система стандартов безопасности труда (ССБТ) ГОСТ 12.0.004-2015. – Трудовой кодекс РФ.
2. Производственная безопасность – Анализ выявленных вредных и опасных факторов – Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– Повышенный уровень шума. – Недостаточная освещенность рабочей зоны. – Повышенный уровень электромагнитных излучений. – Поражение электрическим током. – Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.
3. Экологическая безопасность:	– Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы). – Разработка решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Короткое замыкание. – Перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих элементов и загорание изоляции. – Не соблюдение техники безопасности. Наиболее вероятная ЧС:

	– Взрыв в топке при эксплуатации котлов
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2020 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Райфегерст Екатерина Ильинична		

7 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа по теме «Автоматическая система управления контроля антропогенных выбросов котельной установки при сжигании композиционных топлив», которая может быть внедрена на предприятия энергетического комплекса, в частности, на тепловые электрические станции. Использование данной системы является выгодным с экологической точки зрения, позволит снизить количество выбрасываемых в атмосферу вредных летучих веществ, к числу которых относятся оксиды серы и азота, летучая зола и другие.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены основные этапы, которые связаны с данным разделом.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Безопасность жизнедеятельности работника на предприятии определяется безрисковыми условиями работы и организацией рабочего места, которые соответствуют установленным требованиям. Основой правового обеспечения безопасности на предприятии является Конституция Российской Федерации.

Согласно Конституции РФ, нормами в области охраны труда являются:

- 1) на первом месте жизнь и здоровье работника, а потом уже результат производственной деятельности предприятия;
- 2) единые нормативные требования по охране труда;
- 3) защита интересов работников, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве.

Действующим нормативом по охране труда является ГОСТ 12.0.004-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ)».

Охрана труда – это система законодательных актов для обеспечения безопасности и работоспособности человека в процессе труда. Включает в

свой состав организационно-технические, гигиенические, социально-экономические, лечебно-профилактические мероприятия и средства.

Условия труда – комплекс элементов трудового процесса, который оказывает влияние на функциональное состояние организма работника.

Рабочее место – зона, где должен находиться работник для выполнения обслуживающих операций или производственных, подлежащее контролю работодателем.

Средства индивидуальной и коллективной защиты работников – средства, необходимые для предохранения от загрязнений, предотвращения отрицательного воздействия производственных факторов на работающих.

Требования охраны труда – установленные государством правила, процедуры, критерии и нормативы, выполнение которых обеспечивает безопасные условия труда и регламентирует поведение работающего. Обеспечение безопасных условий труда возлагаются на работодателя и работника (часть десятая введена Федеральным законом от 30.06.2006 N 90-ФЗ) (в ред. Федерального закона от 24.07.2009 N 206-ФЗ).

Профессиональный риск – это возможность причинения вреда здоровью трудящегося, причина которой влияние вредных или опасных производственных факторов в процессе исполнения трудовых обязанностей по официальным соглашениям или по иным обстоятельствам, установленных Трудовым Кодексом и/или другими законами. Помимо этого, обязанность управления профессиональными рисками установлена статьей 209 ТК.

Основные эргономические требования:

1) Рабочее место оператора в операторной должно быть изолирована от превышающих норм избытка тепла, пыли, влаги и вредных токсических газов. Устанавливаются кондиционеры для уменьшения воздействия тепла в летний период работы.

2) Должно быть организовано качественное освещение, вентиляция, шумоизоляция и пожарная безопасность. Для обслуживания котельного агрегата и связующих с ним других частей в темное время суток устанавливается дополнительное освещение. Здание операторной оснащается вентиляцией, шумоизоляционными окнами, пожарным инвентарем и огнетушителями.

7.2 Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 13. Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 13 – Опасные и вредные факторы

Факторы (12.0.003-2015)	Этапы работы		Нормативные документы
	Рабочее место в операторской	Производственное помещение	
1. Повышенный уровень шума		+	Освещение – СП 52.13330.2011
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+		Шумы – СН 2.2.4/2.1.8.562-96
3. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+		Электромагнитное излучение - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [3] Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038-82
4. Поражение электрическим током	+	+	Естественное и искусственное освещение – СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03
5. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов		+	Защита от тепловых воздействий ГОСТ Р 30331.4-95

7.2.1 Повышенный уровень шума

Шумом принято считать различные нежелательные для человека звуки. Шум в производственном помещении возникает от работы вентилятора, большого расхода горячего воздуха во время процесса сушки, работы самой

сушильной камеры. Так же, как и микроклимат, шум влияет на самочувствие человека. В частности, если шум не сильный около 35-50 дБ, то он оказывает психологическое воздействие, в следствии чего возникает раздражение у человека. Однако если уровень шума будет свыше 90 дБ, то он приводит к нарушениям работы слуховых органов, нервной системы, усиливается его влияние на систему кровообращения.

В таблице 14 приведены допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука, которые регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Таблица 14 – Допустимые уровни шума

Рабочие места	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, по дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ОРУ	99	92	86	83	80	78	76	74	85

7.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение рабочего места – неотъемлемый элемент, влияющий на благоприятные условия труда работника. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения в рабочей зоне способствует развитию близорукости, затрудняет продолжительную работу и вызывает утомление. Излишне яркий свет снижает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность.

Организация освещения рабочей зоны происходит таким образом, чтобы оператор мог отчетливо наблюдать, не напрягая зрение, процесс работы на ПК и не только, а также чтобы не было прямого попадания лучей в глаза от источника света.

Работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Нормирование освещенности для работы за ПК приведено в таблицах 15, 16.

Таблица 15 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	Б	1	Не менее 70
			2	Менее 70

Таблица 16 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристика зрительной работы	Искусственное освещение				Естественное освещение	
	Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Объединенный показатель UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности КП, %, не более	КЕО еН, %, при	
					Верхнем или комбинированном	Боковом
	300	100*	21 18**	15	3,0	1,0
Высокой точности	200	75*	24 18**	20 15***	2,5	0,7

Требования к освещению на рабочих местах, в работе которых используются ПК, представлены в таблице согласно СП 52.13330.2011.

Таблица 17 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

Освещенность на рабочем столе	300–500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	от 3 до 1 – от 5 до 1
– между поверхностями стен и оборудования	от 10 до 1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

7.2.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Так как трудовая деятельность оператора АСУ ТП, в частности, связана с работой за персональным компьютером, то на него оказывается воздействие электромагнитного излучения.

Источниками электромагнитного излучения являются все элементы персонального компьютера. Электромагнитные излучения негативно влияют на нервную, эндокринную и сердечно-сосудистую системы.

Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПВМ представлены в таблице 7, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Таблица 18 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного поля	В диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот от 2 Гц до 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

7.2.4 Электробезопасность

Источниками поражения электрическим током человека являются ПЭВМ, периферийные устройства, а также само оборудование, токоведущие элементы и элементы, находящиеся под напряжением. Последствиями поражения являются ожоги на теле, судороги, потеря сознания и даже смерть человека.

Помещение, в котором находится рабочее место, можно отнести к классу без повышенной опасности, которая соответствует условиям согласно с ГОСТ 12.1.038-82: напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц; относительная влажность воздуха 50%; температура около 24°C; наличие полового покрытия, непроводящего ток.

7.2.5 Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов

Эксплуатация котлоагрегата всегда сопровождается высокими температурами воздуха и влажности в цеху. Для обеспечения комфортных условий для работы персонала предусматривается вентиляционная система, решающая эти проблемы.

Кроме того, для защиты от высоких температур при проведении профилактических мероприятий в непосредственной близости от котлоагрегата персоналу выдается специальная экипировка. Последствиями контакта с высоко нагретыми поверхностями являются ожоги.

7.2.6 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

Для снижения воздействия шума на слуховой аппарат рабочего используются наушники или беруши, которые обеспечивают меньшее проникновение звуковых волн.

Для обеспечения достаточной освещенности необходимо опираться на СП 52.13330.201 и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03.

Для того, что снизить воздействие ЭМП осуществляют следующие мероприятия: соблюдение расстояния между работником и монитором не менее 50 см, использование средств экранирующей индивидуальной защиты.

Основными мерами по предотвращению и предупреждению негативного воздействия электрического тока на работника являются:

- мероприятия по заземлению;
- использование автоматических выключателей, в случае короткого замыкания, пробоев;
- изоляция токоведущих элементов от случайного контакта;
- использование независимых источников питания.

ГОСТ Р 30331.4-95 регламентирует, что мерами предосторожности от теплового воздействия являются:

- соблюдать ТБ при работе с исследуемыми нагретыми частями;
- выполняйте все работы по обслуживанию только при полностью отключенном от сети питанием оборудовании и после остывания нагретых частей;
- использовать перчатки из негорючего материала для защиты от ожогов.

7.3 Экологическая безопасность

Загрязнение (окружающей среды, природной среды, биосферы) — это привнесение в окружающую среду (природную среду, биосферу) или возникновение в ней новых, обычно не характерных физических, химических или биологических агентов (загрязнителей), или превышение их естественного среднесуточного уровня в различных средах, приводящее к негативным воздействиям.

7.3.1 Влияние объекта исследования на окружающую среду

Выбросы загрязняющих веществ предприятий теплоэнергетики, обусловленные процессами сгорания органического топлива, являются одним из основных источников загрязнения атмосферы. Объемы вредных выбросов связаны с качеством и количеством сжигаемого топлива, полнотой его использования, а также эффективностью в целом работы источника теплоснабжения.

Наибольшую опасность для биосферы и для здоровья человека представляют не имеющие средств очистки дымовых газов многочисленные теплоисточники малой мощности, размещаемые, как правило, в пределах небольших населенных пунктов.

7.3.2 Влияние производственного процесса на окружающую среду

Антропогенные выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ — один из основных факторов, обуславливающих изменение химического состава атмосферы и ее теплового баланса. К последствиям выбросов загрязняющих веществ в атмосферу можно отнести рост числа онкологических заболеваний и заболеваний дыхательных путей у населения, повышение смертности скота и диких животных, заболевания растений.

Использование композиционных топлив способствует снижению давления, оказываемого предприятиями энергетического комплекса на окружающую среду. Кроме того, композиционные топлива содержат в своем составе отходы угольной промышленности, такие как угольный шлак и фильтр-кек, различные горючие промышленные отходы, например,

отработанные масла, растительные добавки (солома, опилки, биомасса, водоросли и др.) тем самым способствуя утилизации накопившихся объемов загрязняющих веществ. Еще одним преимуществом является пониженная температура дымовых газов, что уменьшает тепловое загрязнение окружающей среды. Также важно отметить, что существует и социальная выгода при использовании композиционных топлив, поскольку данное топливо позволяет снизить цену на вырабатываемые тепловую и электрическую энергии.

7.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Для снижения количества выбросов в атмосферу проводятся специальные мероприятия: установка очистительного оборудования для дымовых газов, герметизация технологических отверстий котельного агрегата, добавление способствующих снижению концентрации выбросов компонентов в состав топлива.

Для контроля антропогенных выбросов, выбрасываемых в окружающую среду, используется специальное оборудование, предназначенное для определения количественного и качественного состава уходящих дымовых газов. К такому оборудованию относятся газоанализаторы и расходомеры дымовых газов. Кроме того, на предприятиях энергетики используются специальные установки, улавливающие оксиды серы в дымовых газах

Таким образом, для снижения выбросов токсических веществ в атмосферу и повышения энерго-экологической эффективности теплоэнергетики реализуются несколько направлений, среди которых можно выделить выполнение природоохранных мероприятий; использование мероприятий по энергосбережению; внедрение экологического мониторинга; стимулирование развития научных исследований и практического применения новейших научных достижений и научно-технических разработок.

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация — это ситуация на определенной территории, которая сложилась вследствие аварии, страшного природного явления, человеческие смерти, а также ущерб здоровью людей или окружающей среде, крупные материальные утраты и нарушение условий жизнедеятельности общества.

В качестве возможных причин пожара можно указать следующие:

- короткое замыкание;
- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих элементов и загорание изоляции;
- взрыв в топке из-за перенасыщение топливом горючей смеси или недостаточная очистка топки;
- не соблюдение техники безопасности.

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, других электрических средств автоматизации.

Самой распространенной причиной возникновения пожара является нарушение противопожарных правил. Поэтому персонал должен эти правила хорошо знать и выполнять.

Наиболее вероятной ЧС является взрыв в топке при эксплуатации котлов. Причиной большинства взрывов является «перенасыщение топливом» горючей смеси или недостаточная очистка топки. Перенасыщение горючей смеси происходит в том случае, когда в топке накапливается несгоревшее топливо. В зависимости от средств регулирования горелок, это может случиться в силу ряда причин, в том числе из-за сбоя регуляторов, колебаний давления топливоподачи, повреждения оборудования.

Для предупреждения такой ситуации необходимо внимательно следить за изменением температуры в топке котла и следить за правильностью

подключения установки к электрической сети. Для предотвращения воспламенения помещение должно быть оснащено средствами пожаротушения (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем), средствами связи.

С целью избежания вышесказанных ситуаций необходимо следовать:

- качественный монтаж технических средств автоматизации;
- подбор проводов нужного сечения, имеющих надежную изоляцию;
- произвести установку защитного заземления оборудования;
- вовремя производить замену или демонтаж элементов оборудования;
- необходимо отключать вручную все горелки и тщательно продувать

топку воздухом.

Порядок действия в результате возникновения ЧС:

- вызвать пожарных, известить о пожаре начальника подразделения, а также вызвать скорую помощь;
- проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты в случае отказа автоматики;
- осуществить аварийную остановку оборудования и связанных с ней установок;
- при необходимости отключить питание, выключить вентилятор, прекратить любые работы в пожарной зоне;
- вывести работников за пределы опасной зоны, которые не участвуют в тушении пожара;
- принять меры по устранению пожара огнетушителями, песком до прибытия подразделений пожарной охраны;
- оказать помощь пожарной охране в выборе кратчайшего пути к очагу пожара.

7.5 Вывод по разделу «Социальная ответственность»

В ходе проделанной работы по данному разделу можно сделать вывод, что поставленная задача – это формирование у выпускника социальной ответственности перед обществом и природой. Существует несколько преимуществ у разработанной системы контроля антропогенных выбросов котельной установки при сжигании композиционных топлив. Во-первых, система является автоматической, что снижает количество персонала, необходимого для ее функционирования. Во-вторых, используемое композиционное топливо имеет весомое преимущество перед традиционными котельными топливами с экологической и социальной точек зрения.

Как итог проделанной работы по разделу «Социальная ответственность» можно отметить следующее:

- в работе рассмотрена социальная ответственность предприятия (корпоративная социальная ответственность), указаны пагубные воздействия на окружающую среду;
- выявлены и описаны вредные и опасные факторы, возникающие на производстве;
- указаны методики и средства борьбы с этими факторами;
- описаны возможные ЧС и меры по их предупреждению и оповещению, а также приведены регламентированные требования по поведению персонала при ЧС;

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Райфегерст Екатерине Ильиничне

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов технического проекта (ТП): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Примерный бюджет проекта -1 810 141 руб. В реализации проекта задействованы: руководитель проекта и инженер
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30% Минимальный размер оплаты труда (на 01.01.2020) 12130 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета технического проекта	Планирование работ; Разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на проектирование

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Календарный план-график проектирования проекта
4. Бюджет затрат ТП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2020 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	Доцент, к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Райфегерст Екатерина Ильинична		

8 Финансовый менеджмент, ресурсосбережения и ресурсоэффективность

Целью выполнения данного раздела является экономическое обоснование научно–исследовательской работы. Оценка является комплексной и произведена в разрезе экономической эффективности, социальной значимости и других аспектов, т.к. проведение экспериментальных исследований автоматической системы контроля антропогенных выбросов в котельной установке на композиционном топливе требует привлечения финансовых затрат и других ресурсов, которые должны быть экономически оправданы и целесообразны.

8.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений дает возможность осуществить сравнение между конкурирующими разработками и определить тенденции для ее дальнейшего роста.

Так как композиционное топливо содержит более 30 % воды (нередко даже 50–60 %), то проблемы в организации топочного процесса в топливосжигающих устройствах возникают из-за пониженной калорийности топлив. Топки котлоагрегатов ТЭС, предназначенные для сжигания композиционных топлив, должны обеспечивать достаточно большое время пребывания частиц топлива в камере горения, интенсивное перемешивание топлива и окислителя, а также поддерживать необходимо высокую температуру во всем объеме камеры горения. Очевидно, что такие условия могут быть обеспечены при вихревом способе сжигания, что является причиной его широкого распространения при организации сжигания композиционных топлив.

Вихревая топка не имеет аналогов.

Дальнейший анализ и расчёт будет применён только к вихревой топке водогрейного котла.

8.2 SWOT-анализ

SWOT анализ – это метод оценки ситуации и будущих перспектив проекта, основная цель которого: определить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы со стороны внешней окружающей среды. На основании анализа делаются выводы: правильное развитие проекта, риски, которые нужно предусмотреть, что следует делать, перспективы проекта.

Таблица 19 – Матрица SWOT проекта

	Сильные стороны проекта: 1. Наличие опытного научного руководителя. 2. Экологичность технологии. 3. Не требует уникального оборудования, приборов. 4. Небольшие габариты топки котла. 5. Доступность компонентов для сжигания. 6. Достаточная производительность топки котла. 7. Низкая стоимость компонентов топлива.	Слабые стороны проекта: 1. Отсутствие компетентного персонала АСУ ТП. 2. Наличие определенных дорогостоящих приборов измерения, преобразования для реализации автоматической системы контроля антропогенных выбросов на композиционном топливе в топке котла.
Возможности проекта: 1. Использование отечественного оборудования. 2. Привлечение квалифицированного персонала. 3. Привлечение инвесторов. 4. Улучшение технических характеристик процесса горения композиционных топлив в топке котла.	Результаты анализа полей «Сильные стороны и возможности» 1. С наличием опытного научного руководителя можно подобрать квалифицированный персонал АСУ ТП. 2. Широкие возможности по расширению исследований. 3. Проект более привлекателен для инвесторов из-за многочисленных сильных сторон. 4. Из-за увеличения производства необходимо поддерживать и/или улучшать технические характеристики установки для повышения качества.	Результаты анализа полей «Слабые стороны и возможности» 1. Слабые стороны ликвидируемы за счет анализа полей «Сильные стороны и возможности»; 2. Относительная сложность создания новых условий экспериментов. 3. Замена отдельных элементов установки на элементы отечественного производителя, что влияет на понижение стоимости приборов.

Продолжение таблицы 19

Угрозы проекта: 1. Повышение цен на топливо. 2. Снижение спроса, отсутствие доверия у потребителей. 3. Ужесточение требований сертификации.	Результаты анализа полей «Сильные стороны и угрозы» 1. Удорожание цен на топливо зависит от поставщиков, что в свою очередь несет затраты на производство. 2. Экологичность технологии может повлиять на доверие потребителей (крупных ТЭЦ, котельных, частных лиц). 3. Ужесточение требований сертификации влечет за собой снижение производства.	Результаты анализа полей «Слабые стороны и угрозы» 1. Отсутствие квалифицированных работников может отодвинуть время начала осуществления процесса горения композиционного топлива в топке котла. 2. Предусмотреть возможность удаления неактуальных результатов эксперимента.
---	--	---

Из матрицы SWOT можно сделать вывод, необходимо сделать упор на такие сильные стороны, как наличие опытного научного руководителя, экологичность технологии, низкая стоимость топлива, так как именно эти сильные стороны проекта связаны с наибольшим количеством возможностей. По части слабых сторон, необходимо обратить внимание на создании научной группы из квалифицированных работников. Работа над этим недостатком повысит способность конкурировать и иметь спрос у потребителей.

8.3 Планирование научно-технического исследования

8.3.1 Структура научно-технического исследования

Проектирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках проектирования автоматической системы контроля антропогенных выбросов на композиционном топливе;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения технического проекта [38].

Таблица 20 – Перечень стадий работ при разработке автоматической системы контроля

Основные этапы	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	Выбор регулируемого параметра (расход) технологического процесса, описание объекта автоматизации	Инженер
	Календарное планирование работ	Руководитель
Теоретические исследования, разработка технической документации	Проведение экспериментальных исследований	Руководитель, инженер
	Разработка структурной схемы	Инженер
	Разработка функциональной схемы, выбор технических средств измерений	Инженер
	Разработка монтажной схемы	Инженер
	Разработка электрической схемы	Инженер
	Разработка общего вида щита управления	Инженер
	Проектирование мнемосхемы АСУ ТП	Инженер
	Расчет параметров настройки регулятора	Инженер
	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Инженер
	Написание раздела «Социальная ответственность»	Инженер
Оформление отчёта по НИР	Составление пояснительной записки по проекту	Руководитель, инженер

Как видно из таблицы 20 проектирование автоматической системы контроля антропогенных выбросов котельной установки на композиционном топливе подразделяется на 15 этапов. Большую часть работ реализует инженер.

8.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула [38]:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мин i} + 2t_{макс i}}{5}, \quad (5.1)$$

где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; $t_{мин i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-

дн.; $t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн. [38].

Определим продолжительность (формула 5.2) каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}. \quad (5.2)$$

где – T_{pi} продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

8.3.3 Разработка графика проведения научно-технического исследования

Построим наглядный график проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. График представлен в таблице 21.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведем в календарные дни и занесем данные в таблицу 5.4. Для этого воспользуемся формулой 5.3, представленной ниже:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Рассчитаем коэффициент календарности на 2020 г. по формуле 5.4:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,476, \quad (5.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 20 – Временные показатели проведения научного исследования

	Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ, чел-дни			Длительность работ, дни	
			t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ож}}$	T_p	T_k
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	5	2,6	2,6	4
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	3	5	3,8	3,8	6
3	Выбор регулируемого параметра (расход) технологического процесса, описание объекта автоматизации	Инженер	1	2	1,4	1,4	2
4	Календарное планирование работ	Руководитель	0,5	2	1,1	1,1	2
5	Проведение экспериментальных исследований	Инженер	20	30	24	24	35
6	Разработка структурной схемы	Руководитель Инженер	3	5	3,8	1,9	3
7	Разработка функциональной схемы, выбор технических средств измерений	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
8	Разработка монтажной схемы	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
9	Разработка электрической схемы	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
10	Разработка общего вида щита управления	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
11	Проектирование мнемосхемы АСУ ТП	Инженер	2	5	3,2	3,2	5
12	Расчет параметров настройки регулятора	Инженер	3	5	3,8	1,9	3
13	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
14	Написание раздела «Социальная ответственность»	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
15	Составление пояснительной записки по проекту	Руководитель Инженер	5	10	7	3,5	5

Пример расчета первой строки «Составление и утверждение технического задания»:

$$1) t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 5}{5} = 2,6 \text{ чел. – дни},$$

$$2) T_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{2,6}{1} = 2,6 \text{ раб. дни},$$

где $Ч_i = 1$, т.к. работу выполняет только руководитель.

$$3) T_{\text{ki}} = T_{\text{pi}} \cdot k_{\text{кал}} = 2,6 \cdot 1,476 = 3,83 \approx 4 \text{ кал. дн.}$$

Согласно составленному календарному плану с учетом вероятностного характера выполнения работ продолжительность разработки автоматической системы контроля антропогенных выбросов котельной установки на композиционном топливе составляет 11 полных декад, начиная со второй декады февраля, заканчивая третьей декадой мая, с 10 февраля по 31 мая.

По диаграмме Ганта можно четко оценить показатели рабочего времени для каждого исполнителя. Длительность выполнения проекта в календарных днях составит 107 дней, из которых 90 дней – продолжительность выполнения работ инженером, а 17 дней – продолжительность выполнения работ руководителем.

Таблица 21 – Диаграмма Ганта

Вид работы	Исполнители	Т _к (кал. дн.)	Продолжительность выполнения работ										
			Февраль		Март			Апрель			Май		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4											
Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	6											
Выбор регулируемого параметра (влажность) технологического процесса, описание объекта автоматизации	Инженер	2											
Календарное планирование работ	Руководитель	2											
Проведение экспериментальных исследований	Инженер	35											
Разработка структурной схемы	Руководитель Инженер	3											
Разработка функциональной схемы, выбор технических средств измерений	Инженер	7											
Разработка монтажной схемы	Инженер	7											
Разработка электрической схемы	Инженер	7											
Разработка общего вида щита управления	Инженер	7											

Продолжение таблицы 21

Вид работы	Исполнители	Т _к (кал. дн.)	Продолжительность выполнения работ											
			Февраль		Март			Апрель			Май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Проектирование мнемосхемы АСУ ТП	Инженер	5												
Расчет параметров настройки регулятора	Инженер	3												
Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Инженер	7												
Написание раздела «Социальная ответственность»	Инженер	7												
Составление пояснительной записки по проекту	Руководитель, Инженер	5												

Руководитель ■

Инженер ■

8.4 Бюджет научно-технического исследования

8.4.1 Материальные затраты

В этом подразделе оценивается стоимость всех материальных ценностей, непосредственно расходуемых в процессе выполнения работ.

Теоретические исследования, а также моделирование системы требуют ряд программ: Microsoft Office, Microsoft Excel, CODESYS, MasterScada. Затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) в пределах от 5% до 20% от общей цены материалов. Расчёт материальных затрат приведён в таблице 22.

Таблица 22 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	250	1	250
Тетрадь общая, 48 л.	50	1	50
Шариковая ручка	30	3	90
Картридж для принтера	1000	1	1000
Фильтр для газоанализатора	500	1	500
Итого			1890
Итого с учётом ТЗР (10%)			2079

8.4.2 Смета затрат на оборудование

В таблице 23 представлена стоимость оборудования, используемых при разработке проекта.

Таблица 23 – Смета затрат на оборудование

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы
Ноутбук	1	30 000	30 000
Принтер	1	4 000	4 000
Итого:			34 000

Наибольшие затраты при проектировании автоматической системы контроля антропогенных выбросов котельной установки приходятся на приобретение самого объекта автоматизации.

8.4.3 Расчет амортизационных отчислений

К основным фондам при реализации проекта относится ПК (ноутбук) и принтер.

Расчет амортизации ПК: первоначальная стоимость 30 000 рублей; срок полезного использования для машин составляет 5 лет, планируем использовать ПК для написания ВКР в течение 4 месяцев.

Расчет амортизации принтера: первоначальная стоимость 4 000 рублей; срок полезного использования для машин составляет 4 года, планируем использовать принтер для написания ВКР в течение 4 месяцев.

Норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} * 100 = \frac{1}{5} \times 100 = 20, \quad (5.5)$$

$$A_n = \frac{1}{n} * 100 = \frac{1}{4} \times 100 = 25. \quad (5.6)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_g = 30\,000 \times 0,2 = 6000 \text{ рублей}, \quad (5.7)$$

$$A_g = 4\,000 \times 0,25 = 1000 \text{ рублей}. \quad (5.8)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_m = \frac{6000}{12} = 500 \text{ рублей}, \quad (5.9)$$

$$A_m = \frac{1000}{12} = 84 \text{ рубля}. \quad (5.10)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств за 4 месяца работы:

$$A = 500 \cdot 4 + 84 \cdot 4 = 2\,336 \text{ рублей}. \quad (5.11)$$

8.4.4 Заработная плата исполнителей

Оклад руководителя составляет 50000 руб., оклад инженера 20000 руб.

В данном пункте рассчитываем основную заработную плату работников участвующих в выполнении работ по данной теме.

Затраты на заработную плату рассчитываются по формуле ниже:

$$З_{\Pi} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (5.12)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб, $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Заработная плата основная рассчитывается согласно формуле 5.11:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_d) \cdot K_p, \quad (5.13)$$

где $З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.; $K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (0,3); K_d – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5); K_p – районный коэффициент (для Томска 1,3); T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 5.13:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (5.13)$$

где $З_m$ – оклад работника за месяц, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб. дни. Баланс рабочего времени отображен в таблице 24.

Таблица 24 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	366
Нерабочие дни (праздники/выходные)	118
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	238

Рассчитаем среднедневную заработную плату для инженера и, данные внесем в таблицу 25:

$$З_{\text{дн.инж.}} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{20\,000 \cdot 11,2}{238} = 941,2 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{дн.рук.}} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{50\,000 \cdot 11,2}{238} = 2352,9 \text{ руб.}$$

Таблица 25 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{дн} , руб.	К _{пр}	К _д	К _р	Т _р , раб. дни	З _{осн} , руб.
Инженер	941,2	0,3	0,3	1,3	88	172 277,2
Руководитель	2352,9	0,3	0,3	1,3	14	68 516,4
Итого						240 793,6

Расчет дополнительной заработной платы исполнителей по формуле 5.14:

$$З_{\text{доп}} = 0,12 \cdot З_{\text{осн}}, \quad (5.14)$$

$$З_{\text{доп.инж.}} = 0,12 \cdot 172\,277,2 = 20\,673,2 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{доп.рук.}} = 0,12 \cdot 68\,516,4 = 8\,221,9 \text{ руб.}$$

8.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников [38].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 5.15:

$$З_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5.15)$$

Рассчитаем величину внебюджетных отчислений:

$$З_{\text{внеб инж}} = 0,3 \cdot (172\,277,2 + 20\,673,2) = 57\,885,12 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{внеб рук}} = 0,3 \cdot (68\,516,4 + 8\,221,9) = 23\,021,49 \text{ руб.}$$

8.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы и т.д. Величина коэффициента накладных расходов

принимается в размере 16%. Их величина определяется по следующей формуле[1]:

$$З_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (З_{\text{мат}} + А + З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб}}). \quad (5.16)$$

Таблица 26. Расчеты дополнительной заработной платы, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы

Исполнитель	З _{осн} , руб.	З _{доп} , руб.	З _{внеб} , руб.	З _{накл} , руб.
Инженер	172 277,2	20 673,2	57 885,12	56 801,6
Руководитель	68 516,4	8 221,9	23 021,49	
Итог	240 793,6	28 895,1	80 906,6	56 801,6

Сумма накладных расходов составляет 56 801,6 рублей.

8.4.7 Формирование бюджета затрат

Рассчитанная величина затрат проектировочной работы является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается проектной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку. Данные бюджета затрат ТП приведены в таблице 27.

Таблица 27. Бюджет затрат

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Затраты на оборудование	34 000	11,5
Материальные затраты	2 079	0,65
Затраты на амортизацию	2 336	1,62
Затраты на основную заработную плату	240 793,6	50,8
Затраты на дополнительную заработную плату	28 895,1	6,1
Отчисления во внебюджетные фонды	80 906,6	17,1
Накладные расходы	56 801,6	12,2
Общий бюджет	445 811,9	100

8.4.8 Смета затрат на оборудование

В таблице 28 представлена бюджет затрат на электрооборудование рассматриваемой АСУ.

Таблица 28. Бюджет затрат на электрооборудование рассматриваемой АСУ

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы
Преобразователь термоэлектрический ОВЕН ДТП-И	1	3 036	3 036
Расходомер-счетчик жидкости ультразвуковой US-800	3	56 000	168 000
Газоанализатор SWG 300	1	85 000	85 000
Механизм электроисполнительный однооборотный МЭОФ– 630/25–0,25Н-97.	4	64 300	257 200
ПЛК Элсима-М01	1	20 000	20 000
Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3	4	4 200	16 800
Модули удаленного ввода- вывода Элсима-А01	2	12 000	24 000
Котел водогрейный с вихревой топкой KB 5,0-115 ШпВТ	1	1 000 000	1 000 000
Итого:			1 574 036

Наибольшие затраты при проектировании автоматической системы контроля антропогенных выбросов приходятся на приобретение самого объекта автоматизации.

Затраты на монтажные работы и транспортировку оборудования составят 15 % от суммы затрат на технические средства и рассчитываются в рублях:

$$З_{\text{монт}} = 0,15 \cdot И_{\text{об}}, \quad (5.9)$$

где $И_{\text{об}}$ – затраты на оборудование.

$$З_{\text{монт}} = 0,15 \cdot 1\,574\,036 = 236\,105 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты на оборудование, монтажные работы и транспортировку:

$$З = З_{\text{об}} + З_{\text{монт}} = 1\,574\,036 + 236\,105 = 1\,810\,141 \text{ руб.}$$

8.5 Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

1) Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности.

Исследование показало, что композиционное топливо востребовано для различных сегментов рынка. Данная продукция интересна крупным ТЭЦ, котельным и частным потребителям.

2) Анализ конкурентных технических решений.

Вихревая топка, аналогов не имеет.

3) SWOT-анализ.

Был проведён SWOT-анализ, который показывает слабые и сильные стороны предприятия, а также угрозы и возможности на рынке в целом и по отношению к конкурирующим организациям, в частности.

Из матрицы SWOT можно сделать вывод, необходимо сделать упор на такие сильные стороны, как наличие опытного научного руководителя, экологичность технологии, низкая стоимость топлива, так как именно эти сильные стороны проекта связаны с наибольшим количеством возможностей. По части слабых сторон, необходимо обратить внимание на создании научной группы из квалифицированных работников. Работа над этим недостатком повысит способность конкурировать и иметь спрос у потребителей.

4) Планирование выполнения работ по проекту.

Было произведено распределение обязанностей по выполнению проекта и рассчитано время, необходимое для выполнения работы. Общая продолжительность работ составила 107 дней. При этом инженер осуществлял работу каждый день, а научный руководитель производил контроль работы и помогал при расчете наиболее ответственных разделов проекта.

5) Формирование бюджета затрат.

Также был сформирован бюджет затрат на разработку проекта, который составил 1 810 141 руб.

Расчет показал, что затраты на оборудование, используемые во время разработки проекта, составляют 34 000 руб. Минимальные затраты составляют материалы и амортизационные отчисления, в сумме 4 415 руб.

Расходы по заработной плате определены по трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок и составили: заработная плата руководителя – 68 516,4 руб., заработная плата инженера – 172 277,2 руб. В основную заработную плату внесена премия, которая выплачивается каждый месяц в размере 30 % от оклада.

В целом по работе можно сделать вывод, что проектируемая автоматическая система контроля имеет хороший потенциал, она конкурентоспособна, перспективна, а главное полезна окружающей среде, т.к. композиционное топливо экологически безопасно, но в современных условиях требует постоянного совершенствования, обновления материальной базы и повышение профессионализма сотрудников.

Заключение

В рамках выпускной квалификационной работы была разработана автоматическая система контроля антропогенных выбросов котельной установки на композиционном топливе.

Для реализации системы были разработаны:

- Структурная схема;
- функциональная схема;
- заказная спецификация приборов и средств автоматизации;
- принципиальная электрическая схема;
- монтажная схема внешних электрических и трубных проводок;
- общий вид шкафа управления.

Также выполнены разделы «Социальная ответственность» и «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», в которых рассчитана общая сумма затрат на реализацию проекта, эффективность проекта и влияние объекта на окружающую среду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Farfan, J. Structural changes of global power generation capacity towards sustainability and the risk of stranded investments supported by a sustainability indicator / J. Farfan, C. Breyer // *Journal of Cleaner Production*. – 2017. – V. 141. – P. 370–384.
2. Dai, S. Coal as a promising source of critical elements: Progress and future prospects / S. Dai, R.B. Finkelman // *International Journal of Coal Geology*. – 2018. – V. 186. – P. 155–164.
3. Wang, K., Environmental co-benefits of energy efficiency improvement in coal-fired power sector: A case study of Henan Province, China / K. Wang, S. Wang, L. Liu, H. Yue, R. Zhang, X. Tang // *Applied Energy*. – 2016. – V. 184. – P. 810–819.
4. Aijun, L. Decomposition analysis of factors affecting carbon dioxide emissions across provinces in China / L. Aijun, A. Zhang, Y. Zhou, X. Yao // *Journal of Cleaner Production*. – 2017. – V. 141. – P. 1428–1444.
5. Li, S. NO_x and SO_x emissions of a high sulfur self-retention coal during air-staged combustion / S. Li, T. Xu, P. Sun, Q. Zhou, H. Tan, S. Hui // *Fuel*. – 2008. – V. 87. – P. 723–731.
6. Emissions of Air Pollutants for the World Energy Outlook 2011 Energy Scenarios. Paris. Energy International Agency. 2011. 66 p. <http://www.iea.org>.
7. Fan, W. Coal-nitrogen release and NO_x evolution in the oxidant-staged combustion of coal / W. Fan, Y. Li, Q. Guo, C. Chen, Y. Wang // *Energy*. – 2017. – V. 125. – P. 417–426.
8. Munawer, M.E. Human health and environmental impacts of coal combustion and post-combustion wastes / M.E. Munawer // *Journal of Sustainable Mining*. – 2017. – Available online.
9. Cheng, J. Sulfur removal at high temperature during coal combustion in furnaces: a review / J. Cheng, J. Zhou, J. Liu, Z. Zhou, Z. Huang, X. Cao, X. Zhao, K. Cen // *Progress in Energy and Combustion Science*. – 2003. – V. 29, № 5. – P. 381–405.

10. Obradović, M.B. A dual-use of DBD plasma for simultaneous NO_x and SO₂ removal from coal-combustion flue gas / M.B. Obradović, G.B. Sretenović, M.M. Kuraica // *Journal of Hazardous Materials*. – 2011. – V. 185, № 2–3. – P. 1280–1286.
11. Rahman, M. Review on chemical upgrading of coal: Production processes, potential applications and recent developments / M. Rahman, D. Pudasainee, R. Gupta // *Fuel Processing Technology*. – 2017. – V. 158, № 5. – P. 35–56.
12. Nodelman, I.G. Partitioning behavior of trace elements during pilot-scale combustion of pulverized coal and coal–water slurry fuel / I.G. Nodelman, S.V. Pisupati, S.F. Miller, A.W. Scaroni // *Journal of Hazardous Materials*. – 2000. – V. 74. – P. 47–59.
13. Овчинников, Ю.В. Технология получения и исследования тонкодисперсных водоугольных суспензий / Ю.В. Овчинников, Е.Е. Бойко. – Новосибирск: НГТУ, 2017. – 308 с.
14. Глушков, Д.О. Органоводоугольное топливо: проблемы и достижения (обзор) / Д.О. Глушков, П.А. Стрижак, М.Ю. Чернецкий // *Теплоэнергетика*. – 2016. – № 10. – С. 31–41.
15. Ходаков, Г.С. Водоугольные суспензии в энергетике / Г.С. Ходаков // *Теплоэнергетика*. – 2007. – № 1. – С. 35–45.
16. Nyashina, G.S. The influence of droplet sizes of coal-water slurry containing petrochemicals on integral ignition characteristics / G.S. Nyashina, A.G. Kosintsev, N.E. Shlegel, P.A. Strizhak // *JP Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2016. – V. 13. – P. 265–276.
17. Staron, A. Impact of waste soot on properties of coal-water suspensions / A. Staron, M. Banach, Z. Kowalski, P. Staron // *Journal of Cleaner Production*. – 2016. – V. – 135. – P. 457–467.
18. Zhang, K. A novel route to utilize waste engine oil by blending it with water and coal / K. Zhang, Q. Cao, L. Jin, P. Li // *Journal of Hazardous Materials*. – 2017. – V. 332. – P. 51–58.

19. Liu, J. Pyrolysis treatment of oil sludge and model-free kinetics analysis / J. Liu, X. Jiang, L. Zhou, X. Han, Z. Cui // Journal of Hazardous Materials. – 2009. – V. 161, № 2-3. – P. 1208–1215.
20. International Energy Outlook with projections to 2040. Washington: U.S. Energy Information Administration, 2013. 234 p. <http://www.eia.gov>
21. Bhuiyana, A.A. A review on thermo-chemical characteristics of coal/biomass co-firing in industrial furnace / A.A. Bhuiyana, A.S. Blicblau, A.K.M.S. Islam, J. Naser // Journal of the Energy Institute. – 2018. – V. 91, № 1. – P. 1–18.
22. Gil, M.V. Thermal behaviour and kinetics of coal/biomass blends during co-combustion / M.V. Gil, C. Pevida, J.J. Pis, F. Rubiera // Bioresource Technology. – 2010. – V. 101, № 14. – P. 5601–5608.
23. Алехнович, А.Н. Совместное факельное сжигание биомасс с углем / А.Н. Алехнович, В.В. Богомолов, Н.В. Артемьева // Теплоэнергетика. – 2001. – №. 2. – С. 26–33.
24. Делягин, Г.Н. Теплогенерирующие установки: Учебник для вузов / Г.Н. Делягин, В.И. Лебедев, Б.А. Пермяков – Москва: Стройиздат, 1986. – 559 с.
25. Померанцев, В.В. Основы практической теории горения: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В.В. Померанцев, К.М. Арефьев, Д.Б. Ахметов. – Москва: Энергия, 1973. – 262 с.
26. Журавлева, Н.В. Вихревая технология сжигания суспензионного водоугольного топлива / Н.В. Журавлева, В.И. Мурко, В.И. Федяев, Д.А. Дзюба, Ю.А. Сенчукова, А.Н. Заостровский // Экологические аспекты. Экология и промышленность России. – 2009. – №1. – С. 6–9.
27. Sung, Y. Generation mechanisms of tube vortex in methane-assisted pulverized coal swirling flames / Y. Sung, M. Choi, S. Lee, G. Lee, M. Shin, G. Choi, D. Kim // Fuel Processing Technology. – 2017. – V. 156. – P. 228–234.
28. Андык В.С. Теория автоматического управления. Учебное пособие к практическим занятиям: - Томск: Изд. ТПУ, 2000.–108с.

29. Nyashina G.S., Vershinina K.Y., Dmitrienko M.A., Strizhak P.A. Environmental benefits and drawbacks of composite fuels based on industrial wastes and different ranks of coal // *Journal of Hazardous Materials*. – 2018. – V. 347. – P. 359–370.
30. Wang H., Jiang X., Zhang M., Ma Y., Liu H., Wu S. A new fluidization-suspension combustion technology for coal water slurry // *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. – 2010. – V. 49. – P. 1017–1024.
31. Волошенко А.В., Горбунов Д.Б. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования Учебное пособие. - 2-е изд. - Томск, ТПУ, 2011. - 108 с.
32. ОВЕН. Каталог продукции 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://owen.ru/> свободный. – Загл. с экрана.
33. Каталог продукции ОАО «Endress+Hauser». – М.: Изд-во «Endress+Hauser», 2013. – 215 с.
34. Расходомер ультразвуковой US-800. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.us800.ru/> свободный. – Загл. с экрана.
35. Каталог продукции ООО «МРУ Рус». – М.: Изд-во «MRU», 2015. – 215 с.
36. ВЭСТ-02 Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://npowest.ru/.html> свободный. – Загл. с экрана.
37. ЭлеСи. Каталог продукции 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elesy.ru> свободный. – Загл. с экрана.
38. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Учебно-методическое пособие по выполнению раздела бакалаврской работы. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.